



# دراسة متطلبات بعض المؤشرات الميكانيكية والاقتصادية وخصائص التربة في حاصل الحنطة باستعمال تقانات الجيوماتكس تحت ظروف تشغيلية مختلفة

أطروحة مقدمة الى

مجلس كلية الزراعة - جامعة البصرة

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة في علوم التربة والموارد المائية  
(إدارة تربة / الات تهيئة التربة)

من قبل الطالب

مصطفى فاضل حسين الموسى

ماجستير علوم زراعية (علوم تربة وموارد مائية)

2021 م

بإشراف

أ. د. سالم عجر بندر المالكي  
قسم المكنان والآلات الزراعية

أ. د. صلاح مهدي سلطان العطب  
قسم علوم التربة والموارد المائية

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ  
مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ  
أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴿٢٧﴾ وَمِنَ النَّاسِ وَالدَّوَابِّ  
وَالْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ كَذَلِكَ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ  
الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

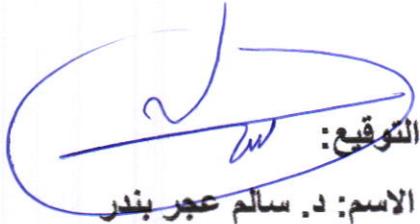
صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيُّ الْعَظِيمُ

سورة فاطر الآية (27 و 28)

بسم الله الرحمن الرحيم

توصية الاستاذين المشرفين

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

التوقيع: 

الاسم: د. سالم عجر بندر

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: 2025 / /

التوقيع: 

الاسم: د. صلاح مهدي سلطان

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: 2025 / /

توصية رئيس قسم علوم التربة والموارد المائية

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

التوقيع: 

الاسم: د. محسن عبد الحي دشر

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: 2025 / 6 / 12

## إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين ادناه نشهد بأننا اطلعنا على هذه الاطروحة المقدمة من قبل طالب الدكتوراه مصطفى فاضل حسين والموسومة (دراسة متطلبات بعض المؤشرات الميكينية والاقتصادية وخصائص التربة في حاصل الحنطة باستعمال تقانات الجيوماتكس تحت ظروف تشغيلية مختلفة) وقد ناقشنا الطالب في محتواها وفيما له علاقة بها ووجدناها جديرة بالقبول لنيل شهادة الدكتوراه في علوم التربة والموارد المائية (ادارة تربة / الات تهيئة التربة).

  
رئيس اللجنة

الاسم: د. آلاء صالح عاتي

المرتبة العلمية: استاذ

كلية علوم الهندسة الزراعية/ جامعة بغداد

  
عضو اللجنة

الاسم: د. عقيل جوني ناصر

المرتبة العلمية: استاذ

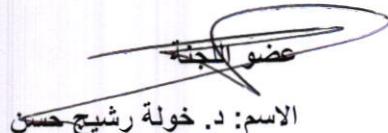
كلية الزراعة/ جامعة البصرة

  
عضو اللجنة

الاسم: د. صادق جبار محسن

المرتبة العلمية: استاذ

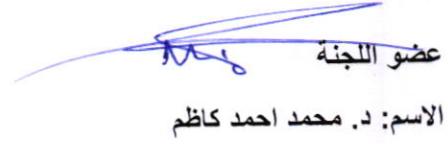
كلية الزراعة/ جامعة البصرة

  
عضو اللجنة

الاسم: د. خولة رشيد حسن

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

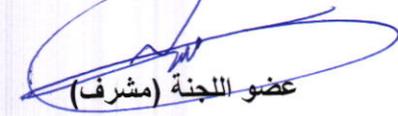
كلية الزراعة/ جامعة البصرة

  
عضو اللجنة

الاسم: د. محمد احمد كاظم

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

كلية الزراعة/ جامعة البصرة

  
عضو اللجنة (مشرف)

الاسم: د. سالم عجر بندر

المرتبة العلمية: استاذ

كلية الزراعة/ جامعة البصرة

  
عضو اللجنة (مشرف)

الاسم: د. صلاح مهدي سلطان

المرتبة العلمية: استاذ

كلية الزراعة/ جامعة البصرة

مصادقة عميد كلية الزراعة

الاسم: د. سرمد غازي محمد

المرتبة العلمية: استاذ

عميد كلية الزراعة/ جامعة البصرة

## الوفاء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والصلاة والسلام على سيدنا محمد  
المبعوث رحمة للعالمين وعلى آله الطيبين الطاهرين ومن تبعهم بإحسان  
إلى يوم الدين

أهدي هذا الجهد المتواضع إلى:

رسول الله محمد صلى الله عليه وعلى آله وسلم نبراس الهدى  
ومصباح الحكمة الذي أضاء لنا طريق العلم والمعرفة.

أهل بيت النبي الأطهار الذين هم سفن النجاة وأعلام التقى.

أمي وأبي اللذين ضحيا من أجلي وسهرا ليالٍ طويلة ليراني في هذا  
المكان فلهما مني كل الحب والوفاء.

زوجتي الغالية التي كانت سندي وعوني في كل لحظة وشاركتني كل  
تفصيل في هذه الرحلة.

ابنتي العزيزة نور عيني وبهجة قلبي التي كانت دافعا لي لأستمر  
وأتقدم.

كل من مدّ لي يد العون سواءً من الأساتذة الكرام، الأصدقاء الأعزاء،  
أو كل من ساهم ولو بكلمة طيبة، فجزاهم الله خير الجزاء.

هذا العمل هو ثمرة جهد جماعي، وأنا أضع بين أيديكم هذه الأطروحة  
كتعبير عن امتناني لكم جميعاً.  
والحمد لله رب العالمين.

مصطفى فاضل حسين

# شكر وتقدير

الحمد لله على نعمه وفواضله، وبعونه وتوفيقه تُنجز الأعمال، الحمد لله حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه، كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه.

لقد كانت رحلة إعداد هذه الأطروحة تجربة غنية بالعلم والعمل، والتحديات والإنجازات، ولولا توفيق الله أولاً، ثم دعم ومساندة من أحاطوني بعلمهم وجهدهم، لما تم هذا العمل على ما هو عليه.

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى اساتذتي المشرفين كل من الأستاذ الدكتور صلاح مهدي سلطان والأستاذ الدكتور سالم عجر بندر على دعمهما المتواصل وتوجيهاتهم السديدة وصبرهم الكبير طوال فترة إعداد هذه الأطروحة، كما أعبّر عن بالغ امتناني لهما لملاحظاتهم القيمة وتشجيعهم المستمر الذي كان له الأثر البالغ في إنجاز هذا العمل.

ولا يسعني إلا أن أعبّر عن خالص الشكر التقدير للسادة أعضاء لجنة المناقشة الموقرين المتمثلة برئيس اللجنة الأستاذة الدكتورة آلاء صالح عاتي وأعضاء لجنة المناقشة كل من الأستاذ الدكتور صادق جبار محسن والأستاذ الدكتور عقيل جوني ناصر والأستاذ المساعد الدكتور محمد احمد كاظم والأستاذة المساعدة الدكتورة خولة رشيج حسن لتفضلهم بقبول مناقشة هذه الأطروحة، وإثرائها بملاحظاتهم العلمية القيمة.

كما أعبّر عن شكري وتقديري إلى عمادة كلية الزراعة ورئاسة ومنتسبي قسم علوم التربة والموارد المائية وقسم المكنائ والآلات الزراعية على ما وفروه من بيئة علمية ملائمة، ودعم أكاديمي وإداري ساعدني في إتمام هذا العمل.

وأخصّ بالشكر كل من ساهم في تسهيل مراحل البحث، سواء من الجانب الفني أو الإداري، كما أتقدم بالشكر إلى كل من مدّ لي يد العون، وبالأخص الدكتور محمد عبد الرضا والدكتور مصطفى صالح والأساتذة مدين شلال وأزهر جهاد والاخوة كل من محمد فاضل ومحمد جواد وحيدر عبد الكريم لوقوفهم إلى جانبي ومساعدتي في الجوانب العملية والعلمية على حد سواء. وإلى زوجتي وعائلتي الغالية، التي كانت لي السند الحقيقي في جميع مراحل حياتي، أرفع أسمى كلمات الشكر والعرفان، فبدعائهم وصبرهم وتشجيعهم مضيئاً في هذا الطريق بثبات وثقة.

وأسأل الله جلّ في علاه أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم وأن يُنفع به ويكتبه في ميزان حسناتي إنه وليّ ذلك والقادر عليه.

مصطفى فاضل حسين

## الخلاصة

أجريت تجربة ميكانيكية وزراعية في شمال محافظة البصرة بمنطقة الغميح التابعة لقضاء القرنة والتي تقع جغرافياً عند خطي طول 47.464800 و 47.465200 شمالاً ودائرتي عرض 30.939450 و 30.939900 شرقاً في تربة ذات نسجة مزيجة طينية بمساحة 6400 م<sup>2</sup> بتاريخ 2023/11/13 للتنبؤ ودراسة بعض مؤشرات الأداء وخواص التربة وصفات نبات محصول الحنطة والجدوى الاقتصادية لثلاثة أنواع من المحاريت مطرحي قلاب وحفار وقرصي عند أربعة مستويات رطوبة للتربة عند الحراثة تضمنت 7 و 14 و 22 و 28% باستخدام برامج الحوسبة الذكية المتمثلة ببرنامج Design Expert Software وبرنامج Arc map GIS.

تمثلت الدراسة بتجربة ميكانيكية تضمنت ثلاثة أنواع من المحاريت (مطرحي قلاب وحفار وقرصي) واربع مستويات رطوبة للتربة عند الحراثة (7 و 14 و 22 و 28%) وثلاثة أعماق للحراثة (15 و 20 و 25 سم) وثلاث سرع امامية للحراثة (1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>) لدراسة مؤشرات الأداء قوة السحب وقدرة السحب وكفاءة السحب والانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق والمقاومة النوعية واستهلاك الوقود الزمني واستهلاك الوقود على أساس المساحة واستهلاك الوقود النوعي ومظهر الحراثة ونفذت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأسلوب القطع منشقة المنشقة وقورنت متوسطات المعاملات باختبار اقل فرق معنوي (RLSD) عند مستوى احتمال 0.05.

أجريت تجربة حقلية تمثلت باستخدام ثلاثة محاريت (مطرحي قلاب وحفار وقرصي) واربع مستويات رطوبة للتربة (7 و 14 و 22 و 28%) لدراسة خصائص التربة المتمثلة بالكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي للتربة ومقاومة التربة للاختراق والايصالية الكهربائية للتربة عند عمقين للتربة 15 و 30 سم بثلاث فترات وهي بعد الحراثة مباشرة وبداية موسم النمو ونهايته لمحصول الحنطة صنف بحوث 22، صممت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأسلوب القطع منشقة المنشقة وقورنت متوسطات المعاملات باختبار اقل فرق معنوي (RLSD) عند مستوى احتمال 0.05 وتم تحليل نتائج فترات موسم النمو باختبار T. تم دراسة بعض صفات الحاصل المتمثلة بارتفاع النبات والوزن الجاف وحاصل الحبوب بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة وقورنت المتوسطات للمعاملات باختبار اقل فرق معنوي (RLSD) عند مستوى احتمال 0.05.

استخدمت البرامج الذكية للتنبؤ بتغير الخصائص الميكانيكية وخصائص التربة المدروسة بتغير عوامل الدراسة اذ تم الحصول على معادلات رياضية تنبؤية باستخدام Design Expert وتم الحصول على توزيع مكاني لمديات الخصائص المدروسة بتغير عوامل الدراسة باستخدام برنامج GIS، تم حساب الجدوى الاقتصادية للعمل الحقل بحساب التكاليف الكلية والايراد الكلي وصافي الدخل والربحية الإنتاجية وعائد الدينار للمستثمر. تم التوصل الى النتائج التالية:

1- أدت الحراثة برطوبة تربة 14% الى الحصول على أفضل النتائج للخصائص الميكانيكية اذ أعطت اقل قوة سحب ونسبة انزلاق وقدرة مفقودة ومقاومة نوعية واستهلاك وقود بأنواعه واعلى كفاءة سحب وأفضل مظهر للحراثة اذ بلغت 10335 نيوتن و12.39% و 3.42 كيلو واط و33543 نيوتن م<sup>2</sup> و4.16 لتر ساعة<sup>1</sup> و13.44 لتر هـ<sup>1</sup> و0.63 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> و72.53% و4.52 كتلة م<sup>2</sup> على التوالي وأدت الى تحسين خصائص التربة اذ اعطت اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.13 و1.07 و1.18 ميكا غرام م<sup>3</sup> لفترات موسم النمو على التوالي واول مقاومة تربة للاختراق بلغت 972 و1061 و1228 كيلو نيوتن م<sup>2</sup> لفترات موسم النمو على التوالي واول ايصالية كهربائية بلغت 4.33 و5.80 ديسيمنز م<sup>-1</sup> عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي وأعلى مسامية تربة بلغت 57.96 و60.19 و56.09% لفترات موسم النمو على التوالي، كما تفوقت بصفات الحاصل اذ اعطت أعلى ارتفاع للنبات واعلى وزن جاف وحاصل للحبوب بلغت 101.1 سم و21.72 طن هـ<sup>1</sup> و7.88 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي واعطت اعلى تكاليف اقتصادية وأعلى ايراد كلي وصافي دخل وربحية إنتاجية وعائد الدينار المستثمر بلغت 5,400,412 دينار هـ<sup>1</sup> و13,938,000 دينار هـ<sup>1</sup> و8,537,588 دينار هـ<sup>1</sup> و57.56% و2.58 على التوالي.

2- حققت الحراثة بالمحراث القرصي أفضل النتائج بالخصائص الميكانيكية اذ اعطت اقل قوة سحب وقدرة سحب ونسبة انزلاق وقدرة مفقودة واستهلاك للوقود الزمني والنوعي بلغت 9966 نيوتن و7.95 كيلو واط و15.89% و3.71 كيلو واط و3.99 لتر ساعة<sup>1</sup> و0.66 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> على التوالي بينما أدت الحراثة بالمحراث الحفار الى الحصول على اقل مقاومة نوعية واستهلاك وقود على أساس المساحة وأفضل مظهر للحراثة بلغت 23822 نيوتن م<sup>2</sup> و8.90 لتر هـ<sup>1</sup> و4.14 كتلة م<sup>2</sup> على التوالي كما تفوق المحراث القرصي بتحسين خصائص التربة اذ اعطى اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.13 و1.10 و1.19 ميكا غرام م<sup>3</sup> لفترات النمو على التوالي واول مقاومة تربة للاختراق بلغت 690 و1208 و1260 كيلو نيوتن م<sup>2</sup> لفترات النمو على التوالي واول ايصالية كهربائية بلغت 7.28 و5.82 و6.89 ديسيمنز م<sup>-1</sup>

لفترات النمو على التوالي واعلى مسامية للتربة بلغت 57.90 و58.90 و55.51% لفترات النمو على التوالي بينما تفوق المحراث الحفار بأعلى محتوى رطوبي بلغ 19.10 و20.96 و13.85% لفترات النمو على التوالي، كما تفوق المحراث القرصي بأعلى ارتفاع للنبات ووزن جاف وحاصل الحبوب اذ بلغت 97.5 سم و17.18 طن هـ<sup>1</sup> و5.42 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي، واعطى اعلى ايراد كلي وصافي دخل وربحية إنتاجية وعائد دينار المستثمر واعلى تكاليف كلية بلغت و10,334,500 دينار هـ<sup>1</sup> و5,146,286 و94.77% و1.95 و5,188,215 دينار هـ<sup>1</sup> على التوالي.

3- حقق عمق الحراثة 15 سم اقل قوة سحب وقدرة سحب ونسبة انزلاق وقدرة مفقودة واستهلاك وقود زمني واستهلاك وقود على أساس المساحة وأفضل مظهر للحراثة اذ بلغت 8334 نيوتن و7.10 كيلو واط و12.52% و3.08 كيلو واط و4.28 لتر ساعة<sup>1</sup> و14.02 لتر هـ<sup>1</sup> و4.90 كتلة م<sup>2</sup> على التوالي، اما عمق الحراثة 20 سم اعطى اعلى كفاءة سحب بلغت 70.51% واعطى العمق 25 سم اقل مقاومة نوعية واقل استهلاك وقود نوعي بلغ 35818 نيوتن م<sup>2</sup> و0.60 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> على التوالي.

4- ساعدت الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> في الحصول على اقل قوة سحب وقدرة سحب ونسبة انزلاق وقدرة مفقودة ومقاومة نوعية واستهلاك وقود زمني واعلى كفاءة سحب بلغت 9824 نيوتن و4.28 كيلو واط و13.45% و1.63 كيلو واط و32392 نيوتن م<sup>2</sup> و4.44 لتر ساعة<sup>1</sup> و72.33% على التوالي، اما السرعة 522 كم ساعة<sup>1</sup> اعطت اقل استهلاك للوقود على أساس المساحة والنوعي وأفضل مظهر للحراثة بلغت 23.15 لتر هـ<sup>1</sup> و1.08 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> و4.95 كتلة م<sup>2</sup> على التوالي.

5- وجد أن زيادة عمق التربة من 0-15 سم الى 15-30 سم أدى الى زيادة الكثافة الظاهرية بنسبة 9.67 و17.46 و6.25% وازداد المحتوى الرطوبي للتربة بنسبة 10.77 و24.15 و43.15% وازدادت مقاومة التربة للاختراق بنسبة 66.12 و22.82 و48.92% لفترات النمو بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو على التوالي وازدادت الايصالية الكهربائية للتربة بنسبة 18.06 و18.02% عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي وانخفاض المسامية الكلية للتربة بنسبة 11.15 و18.93 و8.92% لفترات النمو على التوالي.

6- ان لفترات موسم النمو تأثير في خصائص التربة اذ اعطت فترة بداية الموسم اقل كثافة ظاهرية وايصالية كهربائية واعلى مسامية كلية ومحتوى رطوبي بلغت 1.15 ميكا غرام م<sup>3</sup> و6.95 ديسيسمنز م<sup>1</sup> و57.06% و19.91% على التوالي واعطت اقل مقاومة تربة للاختراق بعد الحراثة بلغت 897 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>.

## قائمة المحتويات

| رقم الصفحة | الموضوع   | التسلسل |
|------------|---|---------|
| 1          | المقدمة   | 1       |
| 4          | مراجعة المصادر  | 2       |
| 4          | المؤشرات الميكانيكية للحراثة  | 1 .2    |
| 4          | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في قوة السحب  | 1 .1 .2 |
| 6          | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في قدرة السحب   | 2 .1 .2 |
| 8          | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في كفاءة السحب  | 3 .1 .2 |
| 9          | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في النسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق | 4 .1 .2 |
| 11         | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في المقاومة النوعية                                   | 5 .1 .2 |
| 13         | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في مظهر الحراثة                                       | 6 .1 .2 |
| 15         | تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في استهلاك الوقود                                     | 7 .1 .2 |
| 17         | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المؤشرات الميكانيكية  | 2 .2    |
| 21         | تأثير نوع المحراث في بعض خصائص التربة   | 3 .2    |
| 21         | تأثير نوع المحراث في الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية  | 1 .3 .2 |
| 24         | تأثير نوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة   | 2 .3 .2 |
| 25         | تأثير نوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق   | 3 .3 .2 |
| 28         | تأثير نوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة  | 4 .3 .2 |
| 30         | تأثير نوع المحراث في بعض صفات النمو للمحصول   | 4 .2    |
| 30         | حاصل الحبوب   | 1 .4 .2 |
| 32         | الوزن الجاف   | 2 .4 .2 |
| 33         | ارتفاع النبات   | 3 .4 .2 |
| 35         | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في بعض خصائص التربة  | 5 .2    |
| 36         | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في صفات الحاصل   | 6 .2    |
| 36         | استخدام التقانات الجيومكانية والاستشعار عن بعد في الحراثة   | 7 .2    |
| 39         | التكاليف الاقتصادية لعملية الحراثة  | 8 .2    |
| 42         | المواد وطرائق العمل   | 3       |
| 42         | موقع منطقة الدراسة  | 1 .3    |
| 43         | الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب                       | 2 .3    |
| 43         | توزيع حجوم دقائق التربة   | 1 .2 .3 |

|    |   |             |
|----|---|-------------|
| 43 | كثافة التربة الظاهرية   | 2 .2 .3     |
| 43 | الكثافة الحقيقية  | 3 .2 .3     |
| 44 | المسامية الكلية   | 4 .2 .3     |
| 44 | المحتوى الرطوبي للتربة  | 5 .2 .3     |
| 45 | مقاومة التربة للاختراق  | 6 .2 .3     |
| 45 | المادة العضوية  | 7 .2 .3     |
| 45 | معادن الكربونات   | 8 .2 .3     |
| 46 | الكاتيونات والانيونات الذائبة   | 9 .2 .3     |
| 46 | الإيصالية الكهربائية  | 10 .2 .3    |
| 46 | درجة التفاعل  | 11 .2 .3    |
| 46 | النيتروجين الجاهز   | 12 .2 .3    |
| 46 | الفسفور الجاهز  | 13 .2 .3    |
| 47 | قياس التماسك للتربة   | 14 .2 .3    |
| 48 | قياس الالتصاق ما بين التربة والمعدن   | 15 .2 .3    |
| 49 | حدود اللدانة  | 16 .2 .3    |
| 49 | حد التقلص   | 1 .16 .2 .3 |
| 49 | حد اللدانة  | 2 .16 .2 .3 |
| 49 | حد السيولة  | 3 .16 .2 .3 |
| 51 | التجربة الميكانيكية   | 3 .3        |
| 51 | معاملات الحراثة   | 1 .3 .3     |
| 51 | مستويات الرطوبة عند الحراثة   | 2 .3 .3     |
| 51 | السرعة الامامية للجرار  | 3 .3 .3     |
| 51 | عمق الحراثة   | 4 .3 .3     |
| 52 | الأجهزة والآلات المستخدمة في التجربة الميكانيكية                              | 5 .3        |
| 52 | الجرار MF 285 G   | 1 .5 .3     |
| 52 | الجرار CASE JX75T   | 2 .5 .3     |
| 52 | المحراث المطرحي القلاب  | 3 .5 .3     |
| 52 | المحراث الحفار  | 4 .5 .3     |
| 52 | المحراث القرصي القلاب   | 5 .5 .3     |
| 53 | جهاز قياس قوة السحب   | 6 .5 .3     |
| 53 | جهاز قياس معدل استهلاك الوقود   | 7 .5 .3     |
| 54 | مكونات المنظومة الالكترونية المستعملة في قياس المؤشرات الميكانيكية في التجربة | 6 .3        |

|    |  |             |
|----|--|-------------|
| 54 | وحدة تجميع البيانات ومعالجتها                  | 1 .6 .3     |
| 56 | السرعة النظرية                                 | 2 .6 .3     |
| 57 | السرعة العملية                                 | 3 .6 .3     |
| 57 | عمق الحراثة                                    | 4 .6 .3     |
| 58 | قياس مؤشرات الأداء الميكانيكي                  | 7 .3        |
| 58 | قوة السحب                                      | 1 .7 .3     |
| 59 | كفاءة السحب                                    | 2 .7 .3     |
| 59 | قدرة السحب                                     | 3 .7 .3     |
| 60 | المقاومة النوعية                               | 4 .7 .3     |
| 60 | النسبة المئوية للانزلاق                        | 5 .7 .3     |
| 61 | القدرة المفقودة                                | 6 .7 .3     |
| 61 | معدل استهلاك الوقود                            | 7 .7 .3     |
| 61 | استهلاك الوقود لكل وحدة زمنية                  | 1 .7 .7 .3  |
| 62 | استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة           | 2 .7 .7 .3  |
| 62 | استهلاك الوقود على أساس القدرة                 | 3 .7 .7 .3  |
| 62 | مظهر الحراثة                                   | 8 .7 .3     |
| 63 | العمل المكتبي                                  | 8 .3        |
| 63 | المرئية الفضائية                               | 1 .8 .3     |
| 63 | العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS      | 2 .8 .3     |
| 64 | البصمة الطيفية باستخدام جهاز SpectroRadiometer | 3 .8 .3     |
| 65 | تهيئة التربة وأجراء العمليات الحقلية           | 9 .3        |
| 66 | قياسات التجربة الزراعية الحقلية                | 10 .3       |
| 66 | خصائص التربة                                   | 1 .10 .3    |
| 66 | صفات النبات                                    | 2 .10 .3    |
| 66 | ارتفاع النبات                                  | 1 .2 .10 .3 |
| 66 | الوزن الجاف                                    | 2 .2 .10 .3 |
| 66 | حاصل الحبوب                                    | 3 .2 .10 .3 |
| 66 | التكاليف الاقتصادية                            | 11 .3       |
| 67 | التكاليف الثابتة                               | 1 .11 .3    |
| 67 | تكاليف ايجار الأرض                             | 1 .1 .11 .3 |
| 67 | تكاليف الايدي العاملة                          | 2 .1 .11 .3 |
| 67 | التكاليف المتغيرة                              | 2 .11 .3    |
| 67 | تكاليف عمل البالات                             | 3 .11 .3    |
| 67 | التكاليف التسويقية                             | 4 .11 .3    |
| 68 | مجموع التكاليف الكلية                          | 5 .11 .3    |

|     |  |            |
|-----|--|------------|
| 68  | الايراد الكلي                                  | 6 .11 .3   |
| 68  | صافي الدخل الكلي                               | 7 .11 .3   |
| 68  | الربحية الإنتاجية                              | 8 .11 .3   |
| 68  | عائد دينار المستثمر                            | 9 .11 .3   |
| 68  | برنامج Design Expert software                  | 12 .3      |
| 69  | تصميم التجارب والتحليل الإحصائي                | 13 .3      |
| 70  | النتائج والمناقشة                              | 4          |
| 70  | مؤشرات الأداء                                  | 1 .4       |
| 70  | قوة السحب                                      | 1 .1 .4    |
| 79  | قدرة السحب                                     | 2 .1 .4    |
| 90  | كفاءة السحب                                    | 3 .1 .4    |
| 100 | النسبة المئوية للانزلاق                        | 4 .1 .4    |
| 111 | القدرة المفقودة بالانزلاق                      | 5 .1 .4    |
| 123 | المقاومة النوعية                               | 6 .1 .4    |
| 136 | استهلاك الوقود الزمني                          | 7 .1 .4    |
| 151 | استهلاك الوقود على أساس المساحة                | 8 .1 .4    |
| 168 | استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب             | 9 .1 .4    |
| 181 | مظهر الحراثة                                   | 10 .1 .4   |
| 190 | خصائص التربة                                   | 2 .4       |
| 190 | الكثافة الظاهرية                               | 1 .2 .4    |
| 198 | المسامية الكلية للتربة                         | 2 .2 .4    |
| 207 | المحتوى الرطوبي للتربة                         | 3 .2 .4    |
| 214 | مقاومة التربة للاختراق                         | 4 .2 .4    |
| 221 | الايصالية الكهربائية للتربة                    | 5 .2 .4    |
| 230 | صفات النبات                                    | 3 .4       |
| 230 | ارتفاع النبات                                  | 1 .3 .4    |
| 232 | الوزن الجاف                                    | 2 .3 .4    |
| 235 | حاصل الحبوب                                    | 3 .3 .4    |
| 239 | البصمة الطيفية باستخدام جهاز SpectroRadiometer | 4 .4       |
| 240 | علاقات الارتباط                                | 5 .4       |
| 241 | البيانات الجيومكانية                           | 6 .4       |
| 241 | مؤشرات الاداء                                  | 1 .6 .4    |
| 241 | قوة السحب                                      | 1 .1 .6 .4 |
| 243 | قدرة السحب                                     | 2 .1 .6 .4 |
| 245 | كفاءة السحب                                    | 3 .1 .6 .4 |

|     |                                 |             |
|-----|---------------------------------|-------------|
| 247 | النسبة المئوية للانزلاق         | 4 .1 .6 .4  |
| 249 | القدرة المفقودة بالانزلاق       | 5 .1 .6 .4  |
| 251 | المقاومة النوعية                | 6 .1 .6 .4  |
| 253 | استهلاك الوقود الزمني           | 7 .1 .6 .4  |
| 255 | استهلاك الوقود على أساس المساحة | 8 .1 .6 .4  |
| 257 | استهلاك الوقود على أساس القدرة  | 9 .1 .6 .4  |
| 259 | مظهر الحراثة                    | 10 .1 .6 .4 |
| 261 | خصائص التربة                    | 2 .6 .4     |
| 261 | المحتوى الرطوبي للتربة          | 1 .2 .6 .4  |
| 262 | الكثافة الظاهرية                | 2 .2 .6 .4  |
| 264 | المسامية الكلية                 | 3 .2 .6 .4  |
| 266 | مقاومة التربة للاختراق          | 4 .2 .6 .4  |
| 268 | الايصالية الكهربائية            | 5 .2 .6 .4  |
| 270 | التكاليف الاقتصادية             | 7 .4        |
| 270 | التكاليف الحقلية                | 1 .7 .4     |
| 270 | التكاليف الثابتة                | 1 .1 .7 .4  |
| 270 | التكاليف المتغيرة               | 2 .1 .7 .4  |
| 272 | تكاليف عمل البالات              | 3 .1 .7 .4  |
| 273 | التكاليف التسويقية              | 4 .1 .7 .4  |
| 274 | التكاليف الكلية                 | 5 .1 .7 .4  |
| 275 | الإيراد الكلي                   | 2 .7 .4     |
| 276 | صافي الدخل                      | 3 .7 .4     |
| 277 | الربحية الإنتاجية               | 4 .7 .4     |
| 278 | عائد الدينار المستثمر           | 5 .7 .4     |
| 279 | الاستنتاجات والتوصيات           | 5           |
| 279 | الاستنتاجات                     | 1 .5        |
| 280 | التوصيات                        | 2 .5        |
| 281 | المصادر                         | 6           |
| 281 | المصادر العربية                 | 1 .6        |
| 286 | المصادر الأجنبية                | 2 .6        |
| 302 | الملاحق                         | 7           |

## قائمة الجداول

| رقم<br>الصفحة | العنوان  | رقم<br>الجدول |
|---------------|--|---------------|
| 50            | الخصائص الأولية لتربة الحقل  | 1             |
| 50            | بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لمعاملات رطوبة التربة                               | 2             |
| 77            | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب                       | 3             |
| 79            | المعادلات التنبؤية بقوة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث  | 4             |
| 87            | تأثير التداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب              | 5             |
| 89            | المعادلات التنبؤية بقدرة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث   | 6             |
| 98            | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب                     | 7             |
| 100           | المعادلات التنبؤية بقوة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث  | 8             |
| 108           | تأثير التداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق | 9             |
| 110           | المعادلات التنبؤية بنسبة الانزلاق لأنواع مختلفة من المحاريث  | 10            |
| 119           | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة                | 11            |
| 120           | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة                 | 12            |
| 122           | المعادلات التنبؤية بالقدرة المفقودة لأنواع مختلفة من المحاريث  | 13            |
| 133           | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية                | 14            |
| 135           | المعادلات التنبؤية بالمقاومة النوعية لأنواع مختلفة من المحاريث   | 15            |
| 144           | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني                     | 16            |
| 145           | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني          | 17            |
| 146           | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني          | 18            |
| 147           | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني           | 19            |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 148 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني           | 20 |
| 150 | المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود الزمني لأنواع مختلفة من المحارث   | 21 |
| 162 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة                         | 22 |
| 163 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة              | 23 |
| 164 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة               | 24 |
| 165 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة | 25 |
| 167 | المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود على أساس المساحة لأنواع مختلفة من المحارث   | 26 |
| 178 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب            | 27 |
| 180 | المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب لأنواع مختلفة من المحارث  | 28 |
| 187 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة                                  | 29 |
| 189 | المعادلات التنبؤية بمظهر الحراثة لأنواع مختلفة من المحارث  | 30 |
| 194 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة                                   | 31 |
| 196 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في الكثافة الظاهرية                             | 32 |
| 198 | المعادلات التنبؤية بكثافة التربة الظاهرية باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو  | 33 |
| 203 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة                                    | 34 |
| 205 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة                       | 35 |
| 207 | المعادلات التنبؤية بالمسامية الكلية للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو                                       | 36 |
| 212 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة                                    | 37 |
| 214 | المعادلات التنبؤية بالمحتوى الرطوبي للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو                                       | 38 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 219 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق      | 39 |
| 221 | المعادلات التنبؤية بمقاومة التربة للاختراق باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو                      | 40 |
| 227 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة                           | 41 |
| 227 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة | 42 |
| 229 | المعادلات التنبؤية بالإيصالية الكهربائية للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو                 | 43 |
| 232 | المعادلات التنبؤية بارتفاع نبات الحنطة لأنواع مختلفة من المحارث                                       | 44 |
| 235 | المعادلات التنبؤية بالوزن الجاف لأنواع مختلفة من المحارث  | 45 |
| 238 | المعادلات التنبؤية بحاصل حبوب الحنطة لأنواع مختلفة من المحارث   | 46 |
| 240 | علاقات الارتباط لخصائص التربة مع البصمات الطيفية  | 47 |
| 270 | التكاليف الثابتة  | 48 |
| 271 | تكاليف الأسمدة والبذور والحراثة والزيوت   | 49 |
| 271 | تكاليف الوقود   | 50 |
| 271 | مجموع التكاليف المتغيرة   | 51 |
| 272 | عدد البالات   | 52 |
| 273 | تكلفة عمل البالات   | 53 |
| 274 | التكاليف التسويقية للحبوب   | 54 |
| 275 | التكاليف الكلية   | 55 |
| 276 | الإيراد الكلي للحبوب  | 56 |
| 276 | الإيراد الكلي للقش  | 57 |
| 276 | الإيراد الكلي للحبوب والقش  | 58 |
| 277 | صافي الدخل  | 59 |
| 278 | الربحية الإنتاجية   | 60 |
| 278 | عائد الدينار المستثمر   | 61 |

## قائمة الاشكال

| رقم<br>الصفحة | العنوان  | رقم<br>الشكل |
|---------------|--|--------------|
| 42            | موقع منطقة الدراسة   | 1            |
| 54            | مخطط طريقة عمل جهاز قياس استهلاك الوقود  | 2            |
| 55            | مخطط للمنظومة والمعدات والأدوات المستخدمة في التجربة                                       | 3            |
| 58            | طريقة مبدأ عمل الحساس Ultrasonic   | 4            |
| 64            | توزيع معاملات التجربة في الحقل   | 5            |
| 70            | تأثير رطوبة التربة في قوة السحب  | 6            |
| 71            | تأثير نوع المحراث في قوة السحب   | 7            |
| 72            | تأثير عمق الحراثة في قوة السحب   | 8            |
| 73            | تأثير السرعة الامامية للجرار في قوة السحب  | 9            |
| 74            | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب                      | 10           |
| 75            | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة ونوع المحراث في قوة السحب                                 | 11           |
| 76            | تأثير التداخل ما بين السرعة الامامية للجرار ونوع المحراث في قوة السحب                      | 12           |
| 78            | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الامامية وعمق الحراثة) على قوة السحب  | 13           |
| 78            | العلاقة بين قوة السحب المقاسة حقليا والمنتبئ بها   | 14           |
| 80            | تأثير رطوبة التربة في قدرة السحب   | 15           |
| 81            | تأثير نوع المحراث في قدرة السحب  | 16           |
| 82            | تأثير عمق الحراثة في قدرة السحب  | 17           |
| 83            | تأثير السرعة الامامية للجرار في قدرة السحب   | 18           |
| 84            | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في قدرة السحب                               | 19           |
| 84            | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب                    | 20           |
| 85            | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب                     | 21           |
| 86            | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في قدرة السحب                                | 22           |
| 86            | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب                     | 23           |
| 88            | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الامامية وعمق الحراثة) على قدرة السحب | 24           |
| 89            | العلاقة بين قدرة السحب المقاسة حقليا والمنتبئ بها  | 25           |
| 90            | تأثير رطوبة التربة في كفاءة السحب  | 26           |
| 91            | تأثير نوع المحراث في كفاءة السحب   | 27           |
| 92            | تأثير عمق الحراثة في كفاءة السحب   | 28           |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 93  | تأثير السرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب  | 29 |
| 93  | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في كفاءة السحب                                | 30 |
| 94  | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في كفاءة السحب                                | 31 |
| 95  | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب                     | 32 |
| 95  | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب                      | 33 |
| 96  | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في كفاءة السحب                                 | 34 |
| 97  | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب                      | 35 |
| 98  | تأثير عوامل الدراسة في كفاءة السحب   | 36 |
| 99  | العلاقة بين كفاءة السحب المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً   | 37 |
| 101 | تأثير رطوبة التربة في النسبة المئوية للانزلاق  | 38 |
| 102 | تأثير نوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق   | 39 |
| 102 | تأثير عمق الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق   | 40 |
| 103 | تأثير السرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق                                      | 41 |
| 104 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق                    | 42 |
| 104 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في نسبة الانزلاق                              | 43 |
| 105 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في نسبة الانزلاق                   | 44 |
| 106 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق          | 45 |
| 106 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق                     | 46 |
| 107 | تأثير التداخل ما بين السرعة الامامية للجرار ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق          | 47 |
| 109 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الامامية وعمق الحراثة) في نسبة الانزلاق | 48 |
| 110 | العلاقة بين نسبة الانزلاق المحسوبة والمتنبئ بها  | 49 |
| 111 | تأثير رطوبة التربة في القدرة المفقودة  | 50 |
| 112 | تأثير نوع المحراث في القدرة المفقودة   | 51 |
| 113 | تأثير عمق الحراثة في القدرة المفقودة   | 52 |
| 113 | تأثير السرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة  | 53 |
| 114 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في القدرة المفقودة                            | 54 |
| 115 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في القدرة المفقودة                            | 55 |
| 116 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة                 | 56 |
| 116 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة                  | 57 |
| 117 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في القدرة المفقودة                             | 58 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 118 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة                          | 59 |
| 121 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في القدرة المفقودة       | 60 |
| 122 | العلاقة بين القدرة المفقودة المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً   | 61 |
| 123 | تأثير رطوبة التربة في المقاومة النوعية   | 62 |
| 125 | تأثير نوع المحراث في المقاومة النوعية  | 63 |
| 126 | تأثير عمق الحراثة في المقاومة النوعية  | 64 |
| 127 | تأثير السرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية   | 65 |
| 128 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في المقاومة النوعية                                   | 66 |
| 129 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في المقاومة النوعية                                   | 67 |
| 129 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية                        | 68 |
| 130 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية                         | 69 |
| 131 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في المقاومة النوعية                                    | 70 |
| 132 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية                         | 71 |
| 134 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في المقاومة النوعية      | 72 |
| 135 | العلاقة بين المقاومة النوعية المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً  | 73 |
| 136 | تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود الزمني  | 74 |
| 137 | تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود الزمني   | 75 |
| 138 | تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني   | 76 |
| 139 | تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني  | 77 |
| 140 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع الحراث في استهلاك الوقود الزمني                               | 78 |
| 141 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني                              | 79 |
| 141 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني                   | 80 |
| 142 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني                    | 81 |
| 143 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني                               | 82 |
| 143 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني                    | 83 |
| 149 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود الزمني | 84 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 150 | العلاقة بين استهلاك الوقود الزمني المتنبئ به والمحسوب حقلياً   | 85  |
| 152 | تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس المساحة  | 86  |
| 153 | تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس المساحة   | 87  |
| 154 | تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة   | 88  |
| 155 | تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة  | 89  |
| 156 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة                         | 90  |
| 157 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة                         | 91  |
| 158 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة              | 92  |
| 159 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة               | 93  |
| 160 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة                          | 94  |
| 161 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة               | 95  |
| 166 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس المساحة | 96  |
| 167 | العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس المساحة المتنبئ به والمحسوب حقلياً   | 97  |
| 168 | تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب   | 98  |
| 169 | تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب  | 99  |
| 170 | تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب  | 100 |
| 171 | تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب   | 101 |
| 172 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                           | 102 |
| 173 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                           | 103 |
| 174 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                | 104 |
| 175 | تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                 | 105 |
| 176 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                            | 106 |
| 177 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب                 | 107 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 179 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب   | 108 |
| 180 | العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب المتنبئ به والمحسوب حقلياً   | 109 |
| 181 | تأثير رطوبة التربة في مظهر الحراثة  | 110 |
| 182 | تأثير نوع المحراث في مظهر الحراثة   | 111 |
| 183 | تأثير عمق الحراثة في مظهر الحراثة   | 112 |
| 184 | الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة  | 113 |
| 184 | تأثر التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في مظهر الحراثة   | 114 |
| 185 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في مظهر الحراثة   | 115 |
| 186 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة  | 116 |
| 188 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس مظهر الحراثة | 117 |
| 189 | العلاقة بين مظهر الحراثة المتنبئ به والمحسوب حقلياً   | 118 |
| 190 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة   | 119 |
| 191 | تأثير نوع المحراث في الكثافة الظاهرية للتربة  | 120 |
| 192 | تأثير عمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة   | 121 |
| 193 | تأثير فترات النمو في الكثافة الظاهرية للتربة  | 122 |
| 193 | تأثير التداخل ما بين فترات النمو وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة   | 123 |
| 195 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة   | 124 |
| 197 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على الكثافة الظاهرية                                     | 125 |
| 197 | العلاقة بين الكثافة الظاهرية المقاسة حقلياً والمتنبئ بها  | 126 |
| 199 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المسامية الكلية للتربة  | 127 |
| 200 | تأثير نوع المحراث في المسامية الكلية للتربة   | 128 |
| 201 | تأثير عمق التربة في المسامية الكلية للتربة  | 129 |
| 202 | تأثير فترات النمو في المسامية الكلية للتربة   | 130 |
| 203 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المسامية الكلية للتربة                                | 131 |
| 204 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة  | 132 |
| 206 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على المسامية الكلية للتربة                               | 133 |
| 206 | العلاقة بين المسامية الكلية للتربة المقاسة حقلياً والمتنبئ بها  | 134 |
| 208 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المحتوى الرطوبي للتربة  | 135 |
| 209 | تأثير نوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة   | 136 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 210 | تأثير عمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة   | 137 |
| 211 | تأثير فترات النمو في المحتوى الرطوبي للتربة  | 138 |
| 211 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة       | 139 |
| 213 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على المحتوى الرطوبي للتربة      | 140 |
| 213 | العلاقة بين المحتوى الرطوبي للتربة المقاس حقلياً والمنتبئ به                               | 141 |
| 215 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في مقاومة التربة للاختراق                                   | 142 |
| 216 | تأثير نوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق  | 143 |
| 216 | تأثير عمق التربة في مقاومة التربة للاختراق   | 144 |
| 217 | تأثير فترات النمو في مقاومة التربة للاختراق  | 145 |
| 218 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق        | 146 |
| 218 | تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق                     | 147 |
| 220 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على مقاومة التربة للاختراق      | 148 |
| 220 | العلاقة بين مقاومة الاختراق المقاسة حقلياً والمنتبئ بها                                    | 149 |
| 222 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الايصالية الكهربائية للتربة                              | 150 |
| 223 | تأثير نوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة   | 151 |
| 223 | تأثير عمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة  | 152 |
| 224 | تأثير فترات النمو في الايصالية الكهربائية للتربة   | 153 |
| 225 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة  | 154 |
| 226 | تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة   | 155 |
| 228 | الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على الايصالية الكهربائية للتربة | 156 |
| 229 | العلاقة بين الايصالية الكهربائية للتربة المقاسة حقلياً والمنتبئ بها                        | 157 |
| 230 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في ارتفاع نبات الحنطة                                       | 158 |
| 231 | تأثير نوع المحراث في ارتفاع نبات الحنطة  | 159 |
| 232 | العلاقة بين ارتفاع النبات المقاس حقلياً والمنتبئ به  | 160 |
| 233 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الوزن الجاف للحنطة                                       | 161 |
| 234 | تأثير نوع المحراث في الوزن الجاف للحنطة  | 162 |
| 235 | العلاقة بين الوزن الجاف المقاس والمنتبئ به   | 163 |
| 236 | تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في حاصل حبوب الحنطة   | 164 |
| 237 | تأثير نوع المحراث في حاصل حبوب الحنطة  | 165 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 238 | العلاقة بين حاصل الحبوب المقاس والمتنبئ به                              | 166 |
| 239 | البصمة الطيفية للمستويات الرطوبة باستخدام SpectroRadiometer             | 167 |
| 242 | التوزيع المكاني لقوة السحب  | 168 |
| 244 | التوزيع المكاني لقدرة السحب   | 169 |
| 246 | التوزيع المكاني لكفاءة السحب  | 170 |
| 248 | التوزيع المكاني للنسبة المئوية للانزلاق                                 | 171 |
| 250 | التوزيع المكاني للقدرة المفقودة بالانزلاق                               | 172 |
| 252 | التوزيع المكاني للمقاومة النوعية  | 173 |
| 254 | التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني                                  | 174 |
| 256 | التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس المساحة                        | 175 |
| 258 | التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس القدرة                         | 176 |
| 260 | التوزيع المكاني لمظهر الحراثة   | 177 |
| 261 | التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي للتربة بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة  | 178 |
| 262 | التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي للتربة بتأثير نوع المحراث               | 179 |
| 263 | التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة        | 180 |
| 264 | التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية بتأثير نوع المحراث                     | 181 |
| 265 | التوزيع المكاني للمسامية الكلية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة         | 182 |
| 265 | التوزيع المكاني للمسامية الكلية بتأثير نوع المحراث                      | 183 |
| 266 | التوزيع المكاني لمقاومة التربة للاختراق بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة | 184 |
| 267 | التوزيع المكاني لمقاومة التربة للاختراق بتأثير نوع المحراث              | 185 |
| 268 | التوزيع المكاني للإيصالية الكهربائية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة    | 186 |
| 269 | التوزيع المكاني للإيصالية الكهربائية بتأثير نوع المحراث                 | 187 |

### قائمة الملاحق

| رقم الملحق | العنوان   | رقم الصفحة |
|------------|---|------------|
| 1          | جهاز قياس مقاومة التربة للاختراق  | 302        |
| 2          | جهاز قياس التماسك   | 303        |
| 3          | العلاقة بين اجهاد قص التربة والاجهاد العمودي لحساب التماسك للمستويات الرطوبة لمعاملات الدراسة | 303        |
| 4          | مخطط لجهاز قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن                                   | 304        |
| 5          | العلاقة بين الاجهاد الافقي والاجهاد العمودي لقياس الالتصاق بين التربة والمعدن                 | 305        |
| 6          | جهاز mold لقياس حد التقلص   | 305        |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 306 | جهاز Casa Grande لقياس حد السيولة   | 7  |
| 306 | جهاز قياس قوة السحب   | 8  |
| 307 | جهاز قياس استهلاك الوقود  | 9  |
| 307 | المواصفات الفنية للمتحكم Arduino (ATmega 2560)                            | 10 |
| 308 | المواصفات الفنية لـ Encoder Sensor  | 11 |
| 308 | العجلة الخامسة لقياس السرعة   | 12 |
| 309 | بعض صور العمل الحقلية والمختبرية للدراسة                                  | 13 |
| 310 | جهاز SpecetroRadiometer   | 14 |
| 311 | جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة للصفات الميكانيكية المدروسة            | 15 |
| 312 | جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة بعد الحراثة      | 16 |
| 312 | جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة بداية موسم النمو | 17 |
| 312 | جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة نهاية موسم النمو | 18 |
| 313 | جدول تحليل التباين لقيم T المحسوبة لفترات النمو                           | 19 |
| 313 | جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات الحاصل المدروسة                  | 20 |

### قائمة الرموز

| الرمز    | المعنى  | وحدة القياس                |
|----------|---|----------------------------|
| M1       | رطوبة التربة عند الحالة الجافة 7              | %                          |
| M2       | رطوبة التربة عند الحالة الهشة 14              | %                          |
| M3       | رطوبة التربة عند الحالة اللدنة 22             | %                          |
| M4       | رطوبة التربة عند الحالة البلاستيكية 28        | %                          |
| MB       | حراثة تقليدية باستخدام المحراث المطرحي القلاب |                            |
| CH       | حراثة تقليدية باستخدام المحراث الحفار         |                            |
| DP       | حراثة تقليدية باستخدام المحراث القرصي         |                            |
| S1       | خصائص التربة بعد الحراثة                      |                            |
| S2       | خصائص التربة بداية الموسم                     |                            |
| S3       | خصائص التربة نهاية الموسم                     |                            |
| $\tau$   | إجهاد قص التربة لقياس تماسك التربة            | كيلو نيوتن م <sup>-2</sup> |
| $\sigma$ | الإجهاد العمودي لقياس تماسك التربة            | كيلو نيوتن م <sup>-2</sup> |
| m        | عزم قص التربة لقياس تماسك التربة              | كيلو نيوتن م               |

|                                  |   |                      |
|----------------------------------|---|----------------------|
| م                                | نصف قطر القرص المعدني لجهاز التماسك                                     | <b>r</b>             |
| كيلو نيوتن                       | القوة العمودية المسلطة على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف)           | <b>Q</b>             |
| م <sup>2</sup>                   | مساحة القرص المعدني لجهاز التماسك                                       | <b>A<sub>1</sub></b> |
| كيلو نيوتن م <sup>-2</sup>       | الاجهاد الاقفي في حساب الالتصاق   | <b>τ<sub>α</sub></b> |
| كيلو نيوتن                       | قوة سحب القطعة المعدنية مع الاوزان لحساب الالتصاق                       | <b>F<sub>1</sub></b> |
| م <sup>2</sup>                   | مساحة تلامس القطعة المعدنية مع التربة لجهاز الالتصاق                    | <b>A<sub>2</sub></b> |
| كيلو نيوتن م <sup>-2</sup>       | الاجهاد العمودي لحساب الالتصاق  | <b>σ<sub>a</sub></b> |
| كيلو نيوتن                       | الوزن المسلط على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف)                     | <b>Q<sub>1</sub></b> |
| ميكا غرام م <sup>-3</sup>        | الكثافة الظاهرية للتربة   | <b>ρ<sub>b</sub></b> |
| ميكا غرام                        | كتلة الدقائق الصلبة   | <b>M<sub>S</sub></b> |
| م <sup>3</sup>                   | الحجم الكلي للتربة ويمثل حجم الاسطوانة                                  | <b>V</b>             |
| %                                | النسبة المئوية لرطوبة التربة على أساس الوزن الجاف                       | <b>P<sub>w</sub></b> |
| غم                               | وزن الرطوبة في التربة   | <b>M<sub>w</sub></b> |
| غم                               | وزن الدقائق الصلبة الجافة   | <b>M<sub>s</sub></b> |
| كيلو نيوتن م <sup>-2</sup>       | دليل المخروط  | <b>CI</b>            |
| نيوتن                            | قوة السحب لآلة الحراثة  | <b>F</b>             |
| نيوتن                            | قوة السحب الكلية  | <b>F<sub>t</sub></b> |
| نيوتن                            | مقاومة التدحرج للجرار   | <b>R</b>             |
| %                                | النسبة المئوية للانزلاق   | <b>S</b>             |
| كم ساعة <sup>-1</sup>            | السرعة العملية للساحبة  | <b>V<sub>a</sub></b> |
| كم ساعة <sup>-1</sup>            | السرعة النظرية للساحبة  | <b>V<sub>t</sub></b> |
| كيلو واط                         | القدرة المفقودة بالانزلاق   | <b>PL</b>            |
| كيلو واط                         | القدرة عند العجلات  | <b>P<sub>d</sub></b> |
| كيلو واط                         | قدرة السحب  | <b>P<sub>f</sub></b> |
| نيوتن م <sup>-2</sup>            | المقاومة النوعية  | <b>SR</b>            |
| م <sup>2</sup>                   | مساحة التربة المحروثة (العرض التشغيل لآلة الحراثة X عمق الحراثة الفعلي) | <b>A</b>             |
| %                                | كفاءة السحب   | <b>η<sub>t</sub></b> |
| لتر ساعة <sup>-1</sup>           | معدل استهلاك الوقود الزمني  | <b>FCT</b>           |
| لتر هكتار <sup>-1</sup>          | معدل استهلاك الوقود على أساس المساحة                                    | <b>FCA</b>           |
| لتر/ساعة. كيلو واط <sup>-1</sup> | معدل استهلاك الوقود على أساس القدرة                                     | <b>FCP</b>           |
| ميكا غرام م <sup>-3</sup>        | الكثافة الحقيقية للتربة   | <b>ρ<sub>s</sub></b> |
| م <sup>3</sup>                   | حجم الدقائق الجافة للتربة   | <b>V<sub>s</sub></b> |
| %                                | المسامية الكلية للتربة  | <b>f</b>             |

|               |                             |     |
|---------------|-----------------------------|-----|
|               | درجة تفاعل التربة           | pH  |
| ديسيسيمنز م-1 | الايصالية الكهربائية للتربة | EC  |
| غم كغم-1      | المادة العضوية              | O.M |

## 1. المقدمة Introduction

تعد عملية الحراثة من اهم العمليات الزراعية التي تؤثر بشكل كبير في إنتاجية المحاصيل الزراعية وجودتها، اذ تساعد في تحسين بناء التربة وتسهيل حركة الماء والعناصر الغذائية نحو الجذور. ولغرض الحصول على أفضل أداء لمعدات الحراثة وتحسين كفاءة استخدام الآلات الزراعية أصبح من الضروري فهم العلاقة ما بين خصائص التربة وأداء معدات الحراثة تحت الظروف الحقلية المختلفة.

تختلف خصائص التربة بشكل كبير من حيث خصائصها الفيزيائية مثل كثافة التربة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي ومقاومة الاختراق والقدرة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية. كل هذه الصفات تتأثر بشكل مباشر بعمليات الحراثة مما يتطلب تقييماً دقيقاً لإداء المحارث تحت ظروف رطوبة مختلفة. فضلاً عن ذلك هناك حاجة الى تحسين الجدوى الاقتصادية لهذه العمليات لتقليل التكاليف وزيادة العائد في الزراعة المستدامة (Nassir, 2018 وناصر، 2023).

توفر التقنيات الجيومكانية إمكانية جمع وتحليل البيانات المتعلقة بالخصائص الميكانيكية لآلات الحراثة والخصائص الفيزيائية للتربة في مواقع مختلفة مما يوفر إمكانية تحليل الفروق المكانية في الصفات الفيزيائية للتربة مثل التوزيع المكاني للرطوبة والكثافة والمواد العضوية للتربة. وبذلك يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد لتحليل البيانات المكانية ومعرفة تأثير هذه الخصائص في أداء معدات الحراثة. ان التفاعل بين الطاقة الكهرومغناطيسية الصادرة من الأقمار الصناعية وسطح التربة والخصائص الفيزيائية والكيميائية لمكونات التربة يجعل من مراقبة الحالة الرطوبة للتربة أمراً ممكناً باستخدام الاستشعار عن بعد، لا سيما في المناطق الجافة. من الصعب تحديد الخصائص الطيفية للتربة من خلال صور الاستشعار عن بعد وحدها، لذلك هناك حاجة إلى عينات حقلية وقياس رطوبة التربة ونسجتها (Wang et al., 2017)، ومع ذلك، فإن بيانات الاستشعار عن بعد الطيفية مع البيانات الحقلية يمكن أن تحسن بشكل كبير دقة تحديد الحالة العامة للتربة، تُظهر التربة انعكاساً طيفياً أعلى نسبياً عند انخفاض محتواها الرطوبي (Zhang et al., 2011).

ان قياس المؤشرات الميكانيكية تحت الظروف التشغيلية والحقلية المختلفة تتطلب وقتاً وجهداً وذات تكلفة عالية، لذلك لا بد من توفير طريقة تمكن من اجراء هذه العمليات بأقل جهد ووقت وتكلفة، لذلك استخدمت برامج التنبؤ الحديثة للحصول على نتائج بدقة عالية وبمعامل ارتباط عالي مقارنة بالنتائج الحقلية التقليدية (Almaliki, 2017). كما ان استخدام برامج التنبؤ والتقنيات الجيومكانية يمكن ان يحقق تقييم شامل لإداء

معدات الحراثة تحت ظروف رطوبة مختلفة وبالتالي تحسين استراتيجيات إدارة التربة وتحقيق أفضل استخدام للمعدات الزراعية من الناحية الاقتصادية والبيئية.

تعد زراعة الحنطة من أهم المحاصيل الاستراتيجية التي تعتمد عليها الدول في تحقيق الأمن الغذائي وتلبية الاحتياجات المتزايدة للسكان من الحبوب. ومع تصاعد التحديات التي تواجه القطاع الزراعي، كندرة الموارد الطبيعية، وتغير المناخ، وارتفاع كلف الإنتاج، برزت الحاجة الملحة لاعتماد تقانات متقدمة تسهم في تحسين كفاءة العمليات الزراعية ورفع الإنتاجية. وفي هذا السياق، تبرز أهمية المكننة الزراعية وتقانات الجيوماتكس كأدوات فاعلة لا تقتصر فوائدها على الجانب الإنتاجي فحسب، بل تمتد لتشمل تقليل التكاليف وتحسين كفاءة استخدام الموارد، ما يسهم في تحقيق أقصى عائد ممكن من وحدة المساحة والجهد المبذول، غير أن إدخال هذه التقنيات يستوجب تقييماً دقيقاً من الناحية الاقتصادية، إذ تُعد الجدوى الاقتصادية عاملاً حاسماً في اعتماد أي نظام زراعي حديث، فمع استمرار ارتفاع أسعار المدخلات الزراعية وتذبذب العوائد، تزداد الحاجة إلى دراسات متكاملة تجمع بين التحليل الفني والاقتصادي للعمليات الزراعية، لضمان توجيه الاستثمارات نحو الحلول الأكثر كفاءة وربحية، وبما يعزز استدامة الإنتاج الزراعي في ظل التحديات المتزايدة ( Moghimi et al., 2020).

تختلف معظم ترب وسط العراق وجنوبه بالمحتوى الرطوبي باختلاف النسجة ومحتواها من المادة العضوية وقرب مستوى الماء الأرضي، لذلك يمكن تحديد الوقت المناسب لحراثة التربة وتحديد نوع المحراث المناسب مع اختلاف رطوبة التربة كذلك يمكن تحديد متطلبات القدرة واستهلاك الوقود اللازم لعملية الحراثة مع اختلاف الظروف التشغيلية للمحراث. وتعد وسائل نظم المعلومات الجغرافية وبرنامج Design Expert من الوسائل المساعدة على التنبؤ بمتطلبات القدرة وخواص التربة وإنتاجية المحاصيل باختلاف الظروف التشغيلية والحقلية لنوع المحراث مما يساعد على تحسين إنتاجية العمل الحقلية وإنتاج المحاصيل. لذلك هدفت الدراسة إلى:

- 1- دراسة تأثير الظروف التشغيلية للمحراث (رطوبة التربة عند الحراثة وسرعة الجرار الامامية وعمق الحراثة) في كفاءة أداء الات الحراثة المستخدمة في التجربة
- 2- تحديد رطوبة التربة المناسبة للحراثة ونوع المحراث المناسب باختلاف السرعة الامامية للجرار وعمق الحراثة باستخدام تقانات الجيوماتكس والنماذج الرياضية.
- 3- التنبؤ بمتطلبات القدرة للساحبة مع اختلاف الحالة الرطوبة للتربة وسرعة الجرار الامامية وعمق الحراثة باستخدام تقانات الجيوماتكس والنماذج الرياضية.

- 4- التنبؤ بالخواص الفيزيائية للتربة باختلاف رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث باستخدام النماذج الرياضية وتقانات الجيوماتكس.
- 5- دراسة تأثير نوع المحراث ورطوبة التربة عند الحراثة في بعض خصائص انتاج الحنطة.
- 6- دراسة الجدوى الاقتصادية لتشغيل كل محراث تحت ظروف الدراسة المختلفة.

## 2. مراجعة المصادر Literature review

### 2.1. المؤشرات الميكانيكية للحراثة

#### 2.1.1. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في قوة السحب

تعرف قوة السحب على انها القوة المطلوبة لسحب الآلات الزراعية، ويكون تأثيرها معاكساً لاتجاه سير الساحبة الزراعية، ان قوة السحب ضرورية لمعرفة مدى قابلية الجرار على تحمل وسحب الحمل خلفه سواء كان آلة زراعية او عربة، وتتأثر قوة السحب بعدة عوامل منها: نوع الالة والعرض الشغال للالة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار فضلاً عن عوامل تتعلق بخصائص التربة كنسجة التربة ورطوبتها. وبينت تجارب عدة ان قوة السحب تزداد مع زيادة عرض الحراثة وعمقها نتيجة زيادة حجم التربة المحروثة، كما تزداد قوة السحب بزيادة كثافة التربة ورطوبتها التي تزداد بزيادة عمق التربة، كما ان لنسجة التربة دوراً كبيراً بزيادة قوة السحب كلما كانت نسجة التربة طينية (عداي، 2016).

وجد روضان (2012) في دراسة عند الحراثة باستخدام المحراث الحفار في تربة مزيجة طينية غرينية وبثلاثة أعماق 12-15 و 17-20 و 22-25 سم ان لعمق الحراثة تأثير في قوة السحب اذ ازدادت قوة السحب بزيادة العمق لتبلغ للأعماق الثلاث 9520.6 و 14550.2 و 17467.8 نيوتن على التوالي وعزى ذلك الى زيادة الحمل الواقع على المحراث بزيادة العمق. وتوصل الطائي واخرون (2013) عند استخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار وقرصي عمودي وعمقي حراثة 10-12 و 15-17 سم وثلاث سرع امامية 3.628 و 5.039 و 6.745 كم ساعة<sup>1</sup> في تربة طينية غرينية الى ان لعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير في قوة السحب اذ زادت قوة السحب بزيادة عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، كما اعطى المحراث القرصي العمودي اقل قوة سحب بلغت 5804 نيوتن في حين اعطى المحراث المطرحي القلاب والحفار قوة سحب بلغت 14372 و 8984 نيوتن على التوالي. كما توصل الرجبو والطائي (2013) الى ان قوة السحب تزداد بزيادة العمق عند الحراثة بالمحراث الحفار في تربة ذات نسجة طينية غرينية. وجد Moeinfar et al. (2014) ان قوة السحب للمحراث الحفار في تربة ذات نسجة رملية غرينية تزداد بزيادة عمق الحراثة (10 و 15 و 20 سم) كما تزداد بزيادة السرعة الامامية (0.5 و 1 و 1.35 و 1.7 م ثا<sup>-1</sup>). تبين نتائج الدراسة التي اجراها ناصر (2014) حول متطلبات الطاقة للمشط القرصي بعد الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب بثلاث أعماق 15 و 20 و 25 سم وبسرع امامية 0.25 و 0.38 و 0.46 و 0.6 م ثا<sup>-1</sup> ان قوة السحب زادت بزيادة السرعة والعمق بنسبة 42% و 36% على التوالي.

بين ناصر وآخرون (2016b) عند اجراء تجربة في تربة ذات نسجة مزيجة غرينية وحرانتها بالمحراث الحفار وبثلاث سرع 0.41 و0.80 و1.30 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> وثلاثة أعماق 10 و15 و25 سم ان قوة السحب زادت بزيادة السرعة بنسبة 109.45% عند اقصى سرعة، كما زادت قوة السحب بزيادة العمق بنسبة 58.97% عند اعلى عمق. لاحظ عبد الكريم (2017) عند الحراثة باستخدام ثلاثة أنواع من المحارايث حفار ومطرحي قلاب وقرصي في تربة ذات نسجة مزيجة رملية وثلاث سرع 3.835 و5.756 و7.584 كم ساعة<sup>1</sup>-ان المحراث المطرحي سجل اقل قوة سحب بلغت 1477 نيوتن بينما سجل المحراث الحفار والقرصي قوة سحب 15129 و15810 نيوتن على التوالي وذلك بسبب قلة العرض الشغال للمحراث المطرحي، كما لاحظ زيادة قوة السحب بزيادة السرعة الامامية للجرار. كما أشار (2017) Almaliki الى ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة قوة السحب اذ زادت قوة السحب بنسبة 74% عند زيادة السرعة من 0.39 الى 1.56 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup>. وجد (2017) Ranjbarian et al. عند الحراثة بثلاث أنواع من المحارايث مطرحي وقرصي وحفار بعمق حراثة 23 سم وبأربع سرع امامية 1.5 و2.3 و3 و4 كم ساعة<sup>1</sup>-ان المحراث المطرحي اعطى اعلى قوة سحب ثم المحراث الحفار ثم القرصي، كما ان قوة السحب تزداد بزيادة السرعة.

لاحظ (2018) Almaliki ان هنالك تأثير معنوي لنوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للساحبة في قوة السحب عند استخدام ثلاثة أنواع من الات الحراثة تضمنت محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار ومحراث قرصي بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم وبثلاث سرع اماميه 0.54 و0.83 و1.53 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> اذ سجل المحراث المطرحي القلاب اعلى قوة سحب ثم المحراث الحفار ثم المحراث القرصي، كما ان بزيادة عمق الحراثة من 15 الى 25 سم زادت قوة السحب بنسبة 114% وازدادت قوة السحب بنسبة 80% بزيادة السرعة الامامية من 0.54 الى 1.53 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup>. وجد دحام (2018) في دراسة باستخدام المحراث القرصي القلاب في تربة طينية بعمقين للحراثة 10-15 و15-20 سم وبثلاث سرع 3.5 و5.5 و7.5 كم ساعة<sup>1</sup>-ان قوة السحب ازدادت بزيادة العمق بنسبة 2.96%، كما وجد ان بزيادة السرعة ازدادت قوة السحب معنوياً.

في الدراسة التي اجراها (2022) Zhao et al. في تربة ذات نسجة طينية وجد ان لعمق الحراثة تأثير معنوي في قوة السحب عند الحراثة على عمق 16 و24 سم بالمحراث المطرحي القلاب اذ ازدادت قوة السحب بزيادة العمق وعزوا سبب ذلك الى زيادة رص التربة الناتج من مرور الات الحصاد للموسم السابق وظروف التربة الداخلية مما أدى الى زيادة قوة التربة بزيادة العمق وبالتالي زيادة قوة السحب.

أظهرت النتائج التي توصل اليها شمخي (2023) عند استخدام ثلاثة أنواع من الات الحراثة (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة طينية غرينية عند الحراثة بثلاثة أعماق 15 و20 و25 سم بثلاث سرع امامية

1.62 و 2.7 و 3.78 كم ساعة<sup>1</sup> عند رطوبة تربة 16% ان المحراث المطرحي القلاب اعطى اعلى قوة سحب بلغت 9572 نيوتن في حين اعطى المحراث الحفار والقرصي قوة سحب بلغت 8588 و 7795 نيوتن على التوالي، كما ان لعمق الحراثة تأثير كبير في قوة السحب اذ ازدادت بنسبة 85% عند زيادة العمق من 15-25 سم وان زيادة السرعة الامامية للجرار أدت الى زيادة قوة السحب بنسبة 65% عند زيادة السرعة من 1.62 الى 3.78 كم ساعة<sup>1</sup>. وجد في دراسة اجراها مجيد (2023) باستخدام ثلاث محارث مطرحي وقرصي وحفار في تربة ذات نسجة غرينية مزيجة بثلاثة أعماق 15 و 20 و 25 سم وبثلاث سرع امامية 0.51 و 0.85 و 1.45 م ثا<sup>1</sup> وجد ان المحراث القرصي تفوق في تسجيل اقل قوة سحب إذا بلغت 10266 نيوتن مقارنةً بالمحراث الحفار والمطرحي اذ سجل المحراث المطرحي اعلى قوة سحب، كما وجد ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة السحب وذلك لان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة التربة وبالتالي زيادة قوة السحب، كما ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة قوة السحب.

## 2. 1. 2. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في قدرة السحب

ان قدرة السحب هي عبارة عن القدرة المطلوبة لسحب الحمل الى الامام بواسطة الجرار، وتعتمد قدرة السحب على قوة السحب والسرعة الامامية للجرار كما تعتمد على كفاءة نقل القدرة الى عمود السحب والتي تسمى بكفاءة السحب لذلك تزداد قدرة السحب بزيادة كفاءة السحب والسرعة الامامية للجرار بحدود معينة (عداي، 2016).

لاحظ الجراح (2011) ان لعمق الحراثة والسرعة الامامية تأثير في بعض مؤشرات الأداء للوحدة الميكنية عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب في تربة ذات نسجة طينية وبعمقين 15-20 سم و 20-25 سم وبسرع امامية 2.22 و 3.22 و 5.85 كم ساعة<sup>1</sup> عند محتوى رطوبي للتربة 16% اذ ازدادت قدرة السحب بزيادة العمق لتبلغ 8.056 و 8.841 كيلو واط للعمقين على التوالي ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة العمق تزداد قوة السحب مما يزيد من قدرة السحب، كما توصل الى ان بزيادة السرعة ازدادت قدرة السحب. كما توصل روضان (2012) في دراسة عند الحراثة باستخدام المحراث الحفار بثلاثة أعماق 12-15 و 17-20 سم في تربة مزيجة طينية غرينية ان لعمق الحراثة تأثير في قدرة السحب اذ ازدادت قدرة السحب مع العمق اذ بلغت 6.838 و 8.235 و 9.703 كيلو واط على التوالي وعزا سبب ذلك الى انه بزيادة العمق تقل السرعة العملية التي هي أحد مركبات قدرة السحب مما يقلل من قدرة السحب.

لاحظ الرجبو والطائي (2013) ان قدرة السحب ازدادت بزيادة العمق عند الحراثة بالمحراث الحفار في تربة ذات نسجة طينية غرينية. وتوصل ناصر وآخرون (2016b) عند اجراء تجربة في تربة ذات نسجة مزيجة غرينية وحراستها بالمحراث الحفار وبثلاث سرع 0.41 و 0.80 و 1.30 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> وثلاث أعماق 10 و 15 و 25 سم الى ان قدرة السحب زادت بزيادة السرعة بنسبة 429.44% عند زيادة السرعة من 0.41 الى 1.30 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup>، كما زادت قدرة السحب بزيادة العمق بنسبة 49.50% عند زيادة العمق من 10 الى 25 سم.

وجد (Kareem and sve 2019) في دراسة عند حراثة التربة بمحراث مطرحي قلاب ومحراث قرصي وبعمقين للحراثة 15 و 20 سم وبسرعتين 5 و 7 كم ساعة<sup>1</sup> في تربة مزيجة رملية ان قدرة السحب للمحراث المطرحي كانت اعلى من المحراث القرصي بنسبة 14% نتيجة طبيعة عمل المحراث المطرحي من رفع وقلب وتفتيت التربة أكثر من المحراث القرصي وازدادت قدرة السحب بزيادة عمق الحراثة والسرعة بنسبة 1.5% و 27% على التوالي.

توصل مجيد (2023) في دراسة باستخدام ثلاثة محارث مطرحي وقرصي وحفار في تربة ذات نسجة غرينية مزيجة بثلاثة أعماق 15 و 20 و 25 سم وبثلاث سرع امامية 0.51 و 0.85 و 1.45 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> وجد ان المحراث القرصي تفوق في تسجيل اقل قدرة سحب اذا بلغت 8.512 كيلو واط مقارنةً بالمحراث الحفار والمطرحي اذ سجل المحراث المطرحي اعلى قدرة سحب، كما وجد ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قدرة السحب وذلك لان بزيادة عمق الحراثة يزداد حجم التربة المحروث وبالتالي زيادة قدرة السحب، كما توصل الى ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة قدرة السحب. لاحظ صبار (2024) في دراسة اجراها باستخدام محراث حفار على اربعة أعماق 10 و 15 و 20 و 25 سم وثلاث سرع للمحرك 1200 و 1500 و 1800 دورة دقيقة<sup>1</sup> ان بزيادة عمق الحراثة من 10 الى 25 سم ازدادت قدرة السحب بنسبة 65% كما لاحظ ان بزيادة السرعة الامامية من 1.87 الى 4.70 كم ساعة<sup>1</sup> أدى الى زيادة قدرة السحب بنسبة 63% وعزى سبب ذلك الى ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة السحب وبالتالي زيادة نسبة الانزلاق وانخفاض السرعة الامامية مما يقلل من قدرة السحب. بين عبد (2024) في دراسة تمثلت باستخدام محراث حفار بثلاثة أعماق 10 و 20 و 30 سم وثلاث سرع امامية للجرار 1.95 و 3.05 و 4.90 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> ان بزيادة عمق الحراثة من 10 الى 30 سم أدت الى زيادة قدرة السحب بنسبة 55% كما ان بزيادة السرعة الامامية من 1.95 الى 4.90 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> أدت الى زيادة قدرة السحب بنسبة 65%.

## 2. 1. 3. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في كفاءة السحب

تعتبر كفاءة السحب من اهم المؤشرات الحقلية للأداء الحقل للجرار اذ تحدد القدرة التي يستطيع الجرار تحويلها من الإطارات الى عمود السحب وتعرف كفاءة السحب على انها النسبة بين قدرة السحب والقدرة عند العجلات، لذلك بزيادة كفاءة السحب يتحسن أداء الجرار (عداي، 2016).

بين الجراح (2011) ان لعمق الحراثة والسرعة الامامية تأثير في بعض مؤشرات الأداء للوحدة الميكانيكية عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب في تربة ذات نسجة طينية وبعمقين 15-20 سم و20-25 سم وبسرع امامية 2.22 و3.22 و5.85 كم ساعة<sup>-1</sup> عند محتوى رطوبي للتربة 16% اذ انخفضت كفاءة السحب بزيادة العمق اذ بلغت 77.025 و76.084% للعمقين على التوالي ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة الانزلاق مع العمق أدى الى خفض كفاءة السحب نتيجة انخفاض السرعة العملية، كما توصل الى ان بزيادة السرعة انخفضت كفاءة السحب. وجد عبد الكريم (2017) عند الحراثة باستخدام ثلاثة أنواع من المحارث حفار ومطرحي قلاب وقرصي في تربة ذات نسجة مزيجة رملية وثلاث سرع 3.835 و5.756 و7.584 كم ساعة<sup>-1</sup> ان كفاءة السحب انخفضت بزيادة السرعة الامامية للجرار كما لاحظ ان المحراث المطرحي تفوق في إعطاء اعلى كفاءة السحب مقارنةً بالمحراث القرصي والحفار اذ بلغت 65.814 و60.852 و60.667% على التوالي.

لاحظ Ranjbarian et al. (2017) عند الحراثة بثلاثة أنواع من المحارث مطرحي وقرصي وحفار بعمق حراثة 23 سم وبأربع سرع امامية 1.5 و2.3 و3 و4 كم ساعة<sup>-1</sup> ان المحراث القرصي سجل اعلى كفاءة سحب ثم المحراث المطرحي ثم الحفار، كما انخفضت كفاءة السحب بزيادة السرعة. بين دحام (2018) في دراسة باستخدام المحراث القرصي القلاب في تربة طينية بعمقين للحراثة 10-15 و15-20 سم وبثلاث سرع 3.5 و5.5 و7.5 كم ساعة<sup>-1</sup> ان كفاءة السحب انخفضت بزيادة العمق بنسبة 1.54%، كما وجد ان بزيادة السرعة انخفضت كفاءة السحب معنوياً.

وجد مجيد (2023) في دراسة اجراها باستخدام ثلاث محارث (مطرحي وقرصي وحفار) بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم وبثلاث سرع امامية 0.51 و0.85 و1.45 م ثا<sup>-1</sup> في تربة ذات نسجة مزيجية غرينية وجد ان المحراث القرصي تفوق في تسجيل اعلى كفاءة سحب إذ بلغت 73.03% مقارنةً بالمحراث الحفار والمطرحي اذ سجل المحراث المطرحي اقل كفاءة سحب، كما وجد ان بزيادة عمق الحراثة تنخفض كفاءة السحب، كما لاحظ ان بزيادة السرعة الامامية للجرار انخفضت كفاءة السحب. بين صبار (2024) في

دراسة لحرارة تربة ذات نسجة طينية غرينية باستخدام محراث حفار بأربعة أعماق 10 و 15 و 20 و 25 سم ان عمق الحرادة 20 سم اعطى اعلى نسبة زيادة في كفاءة السحب بنسبة 16% مقارنة بالأعماق الأخرى، كما لاحظ عدم وجود فرق معنوي لزيادة السرعة الامامية للجرار من 1.87 الى 4.70 كم ساعة<sup>1</sup> في صفة كفاءة السحب.

## 2. 1. 4. تأثير نوع المحراث وعمق الحرادة والسرعة الامامية في النسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق

يعتبر الانزلاق من المؤشرات المهمة لتقييم أداء الوحدة الميكانيكية اذ يجب ان لا يتجاوز انزلاق العجلات 15% وذلك لان تجاوز هذه النسبة يسبب فقد بالقدرة وزيادة استهلاك الوقود فضلاً عن تشوه الطبقات السطحية للتربة وكبسها مما ينعكس سلبي على نمو وإنتاج النبات لذلك يجب توفير الظروف الملائمة للعمل عند اقل نسبة انزلاق مسموح بها، كما ان هنالك العديد من الدراسات لمحاولة تقليل الانزلاق اثناء عملية الحرادة وان للألات الزراعية تأثير في الانزلاق اذ ان لكل منها تأثير مختلف في الانزلاق وهنالك العديد من ظروف التشغيل التي تؤثر في الانزلاق منها المحتوى الرطوبي وسرعة الحرادة والعمق ونوع المحراث (Mamkagh, 2019).

وجد روضان (2012) في دراسة اجريت لحرادة تربة مزيجة طينية غرينية باستخدام المحراث الحفار وبثلاثة أعماق 12-15 و 17-20 و 22-25 سم ان لعمق الحرادة تأثير في النسبة المئوية للانزلاق اذ تزداد بزيادة العمق اذ بلغت 6.9 و 11.1 و 17% على التوالي نتيجة زيادة الحمل على الجرار بزيادة العمق وزيادة مقاومة التربة وبالتالي زيادة قوة السحب والانزلاق.

وجد الطائي وآخرون (2013) عند استخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار وقرصي عمودي وعمقي حرادة 10-12 و 15-17 سم وثلاث سرع امامية 3.628 و 5.039 و 6.745 كم ساعة<sup>1</sup> ان نسبة الانزلاق ازدادت عند العمل بالمحراث المطرحي القلاب اذ بلغت 18.66% في حين كانت عند العمل بالمحراث الحفار 13.38% واقل نسبة انزلاق كانت باستخدام المحراث القرصي العمودي بلغت 11.15% وعزوا سبب ذلك الى ان المحراث المطرحي القلاب يعمل على قص شريحة التربة ورفعها وقلبها مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث في حين ان المحراث الحفار يعمل على شق التربة بدون قلبها أي يقوم بتفكيك موضعي للتربة، كما لاحظ زيادة الانزلاق بزيادة عمق الحرادة وبزيادة السرعة الامامية للجرار.

لاحظ (Tayel et al. 2015) في دراسة أجريت لدراسة تأثير عمق الحراثة والسرعة الامامية عند الحراثة بالمحراث الحفار على النسبة المئوية للانزلاق ان زيادة العمق أدت الى زيادة نسبة الانزلاق لتبلغ 16.60 و 18.59 و 20.92% للاعماق 10 و 20 و 30 سم، كما وجدوا زيادة الانزلاق بزيادة السرعة الامامية من 1.79 الى 9.6 كم ساعة<sup>1</sup> ليبلغ 10.89 و 26.52% على التوالي. كما وجد عبد الكريم (2017) عند الحراثة في تربة ذات نسجة مزيجة رملية باستخدام ثلاثة أنواع من المحارث (حفار ومطرحي قلاب وقرصي) وثلاث سرع 3.835 و 5.756 و 7.584 كم ساعة<sup>1</sup> ان الحراثة بالمحارث القلاب تعطي نسبة انزلاق وقدرة مفقودة بالانزلاق اعلى من الحراثة بالمحارث الزاحفة اذ سجل المحراث الحفار اقل نسبة انزلاق وقدرة مفقودة بالانزلاق بلغت 10.08% و 2.642 كيلو واط في حين كان الانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق عند الحراثة بالمحراث المطرحي والقرصي 12.62% و 3.164 كيلو واط و 16.46% و 4.65 كيلو واط للمطرحي والقرصي على التوالي، وعزا سبب قلة الانزلاق باستخدام المحراث الحفار الى طبيعة عمل المحراث الحفار اذ انه يقوم بشق التربة وتفكيكها دون قلبها وهذا يقلل من قوة السحب ويقلل من مقاومة التربة للحراثة بينما اعطى المحراث القرصي اعلى انزلاق بسبب كبر وزنه قياساً بالحفار والمطرحي، كما وجد ان بزيادة السرعة زاد الانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق.

لاحظ (Jebur and Alsayyah 2017) ان للسرعة الامامية تأثير في نسبة الانزلاق اذ ان زيادة السرعة أدت الى زيادة النسبة المئوية للانزلاق عند زيادة السرعة من 1.5 الى 6.71 كم ساعة<sup>1</sup> اذ زادت من 8.13% الى 18.16% وعلا سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة تقل فرصة التماسك بين عجلات الجرار والتربة مما يزيد من الانزلاق. كما لاحظ (Almaliki 2017) الى ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة النسبة المئوية للانزلاق فعند زيادة السرعة من 0.39 الى 1.56 م ثا<sup>-1</sup> ازدادت نسبة الانزلاق بنسبة 96%. وجد (Ranjbarian et al. 2017) عند استخدام ثلاث أنواع من المحارث مطرحي وقرصي وحفار بعمق حراثة 23 سم وبأربع سرع امامية 1.5 و 2.3 و 3 و 4 كم ساعة<sup>1</sup> ان اقصى نسبة انزلاق حصل باستخدام المحراث الحفار عند السرعة 4 كم ساعة<sup>1</sup> واقل انزلاق عند المحراث القرصي بسرعة 1.5 كم ساعة<sup>1</sup> وذلك بسبب كبر العرض الشغال للمحراث الحفار مقارنة بالمطرحي والقرصي، كما وجد ان نسبة الانزلاق تزداد بزيادة السرعة الامامية.

لاحظ دحام (2018) في دراسة باستخدام المحراث القرصي القلاب في تربة طينية بعمقين للحراثة 10-15 و 15-20 سم وبثلاث سرع 3.5 و 5.5 و 7.5 كم ساعة<sup>1</sup> ان الانزلاق يزداد بزيادة عمق الحراثة بنسبة 15.10% كما لاحظ زيادة الانزلاق بزيادة السرعة الامامية للجرار. وأظهرت النتائج التي توصل اليها

Aridhee et al. (2020) في دراسة أجريت في تربة ذات نسجة مزيجية باستخدام المحراث القرصي بعمقين حراثة 15 و 20 سم وبثلاث سرع امامية 4.2 و 6.5 كم ساعة<sup>1</sup> ان الانزلاق يزداد بزيادة عمق الحراثة كما يزداد بزيادة السرعة الامامية للجرار.

بين (Alameri and Almaliki (2022) عند استخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار ومحراث قرصي في تربة ذات نسجة طينية غرينية بثلاثة أعماق حراثة 15 و 20 و 25 سم وبثلاث سرع 0.51 و 0.85 و 1.45 م<sup>1</sup> ان النسبة المئوية للانزلاق تزداد بزيادة عمق الحراثة كما تزداد بزيادة السرعة الامامية للساحبة وان المحراث المطرحي القلاب سجل اعلى نسبة انزلاق مقارنة بالحفار والقرصي، ويعود ذلك الى ان متطلبات السحب للمحراث المطرحي القلاب اكبر من المحراث الحفار والقرصي مما يقلل من السرعة الفعلية ويزيد من الانزلاق، كما ان بزيادة العمق تزداد قوة التربة فتزداد قوة السحب وبالتالي زيادة الانزلاق. وبينت النتائج التي توصل اليها شمخي (2023) عند استخدام ثلاثة محاريث وهي مطرحي وحفار وقرصي في تربة ذات نسجة طينية غرينية عند الحراثة بثلاثة أعماق 15 و 20 و 25 سم بثلاث سرع امامية 1.62 و 2.7 و 3.78 كم ساعة<sup>1</sup> وكانت رطوبة التربة 16% ان المحراث المطرحي سجل اعلى نسبة انزلاق مقارنة بالمحراث الحفار والقرصي اذ بلغت 21 و 17 و 14% على التوالي، كما وجد ان بزيادة عمق الحراثة زاد الانزلاق بنسبة 150% كما ان بزيادة السرعة الامامية ازداد الانزلاق بنسبة 33%. كما وجد مجيد (2023) في دراسة أجريت باستخدام ثلاث محاريث (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة ذات نسجة غرينية مزيجية بثلاث أعماق 15 و 20 و 25 سم وبثلاث سرع امامية 0.51 و 0.85 و 1.45 م<sup>1</sup> ان المحراث القرصي اعطى اقل نسبة مئوية للانزلاق بلغت 12.893% في حين سجل المحراث الحفار والمطرحي القلاب نسبة انزلاق بلغت 13.644 و 16.622% على التوالي وعلل سبب ذلك الى طبيعة عمل كل محراث من شق وقلب التربة، كما توصل الى ان بزيادة عمق الحراثة وبزيادة السرعة الامامية للجرار تزداد نسبة الانزلاق.

## 2. 1. 5. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في المقاومة النوعية

أظهرت الدراسات ان عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تلعب دوراً في التأثير على المقاومة النوعية للمحراث اذ وجد الرجبو والطائي (2013) عند مقارنة محراث حفار مطور مع محراث حفار تقليدي في تربة طينية غرينية بأربع أعماق حراثة 10-12 و 12-14 و 14-16 و 16-18 سم ان المقاومة النوعية للتربة زادت بزيادة العمق اذ بلغت 18332 و 20593 و 22,855 و 25997 نيوتن م<sup>2</sup> على التوالي، وعللا سبب

ذلك الى ان بزيادة العمق تزداد قوة السحب والتي تعتبر أحد مركبات المقاومة النوعية اذ تتناسب طرديا مع قوة السحب.

لاحظ ناصر وآخرون (2016b) في دراسة أجريت لحرثة تربة مزيجة غرينية بالمحراث الحفار وبثلاث سرع 0.41 و0.80 و1.30 م ثا<sup>-1</sup> وثلاث أعماق 10 و15 و25 سم ان المقاومة النوعية زادت بزيادة السرعة من 0.41 الى 1.30 م ثا<sup>-1</sup> بنسبة 106.62% وذلك نتيجة زيادة حركة كتل التربة واحتكاكها مع بعضها ومع أسلحة المحراث بزيادة السرعة مما يسبب زخما امام المحراث وبالتالي زيادة قوة السحب والمقاومة النوعية، بينما قلت المقاومة النوعية بزيادة العمق من 10 الى 25 سم بنسبة 46.96% وعزوا سبب ذلك الى ان بزيادة العمق زاد حجم الكتل المفككة وبالتالي زيادة المساحة المفككة للتربة بنسبة اكبر من الزيادة في قوة السحب. وجد (Ghali 2019) في دراسة باستخدام المحراث المطرحي في تربة مزيجة طينية غرينية بثلاث أعماق حرثة 14 و16 و18 سم ان المقاومة النوعية تزداد بزيادة العمق من 85530 ثم 96710 الى 101640 نيوتن م<sup>-2</sup> للاعماق على التوالي، وعزا سبب ذلك الى زيادة قوة السحب بزيادة العمق.

بينت النتائج التي توصل اليها الموسى (2020) عند استخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار وامشاط قرصية في تربة مزيجة طينية ان لنوع المحراث تأثير معنوي في المقاومة النوعية اذ تفوق المحراث الحفار في تسجيل اقل مقاومة نوعية بلغت 35440 نيوتن م<sup>-2</sup> في حين سجل المحراث المطرحي والامشاط القرصية مقاومة نوعية بلغت 60930 و41260 نيوتن م<sup>-2</sup> على التوالي، وعلل سبب ذلك الى ان المحراث الحفار اعطى مساحة مفككة اكبر وقوة سحب اقل من المحراث المطرحي اذ ان المقاومة النوعية تتناسب طرديا مع قوة السحب وعكسياً مع مساحة التربة المفككة.

توصل الدوسري (2023) في دراسة لتأثير معدات التنعيم على مؤشرات الأداء للوحدة الميكانيكية عند استخدام أربع آلات تنعيم (امشاط قرصية ومنعمة دورانية وعازقة نابضية ومحراث دوراني) ان المحراث الدوراني والامشاط القرصية تفوقت بتسجيل اقل مقاومة نوعية بلغت 7020 و8420 نيوتن م<sup>-2</sup> بينما كانت اعلى مقاومة نوعية عند استخدام المنعمة الدورانية (21840 نيوتن م<sup>-2</sup>) وعزا سبب ذلك الى الاختلاف في حجم التربة المفككة نتيجة الاختلاف في العرض الشغال بين المعدات المستخدمة في الدراسة.

## 2. 1. 6. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في مظهر الحراثة

ان دليل التفتيت هو أحد المؤشرات الميكانيكية التي تدل على جودة عمل المحراث في تفكيك التربة ويؤثر في الصفات الفيزيائية للتربة كالنفاذية والتهوية والخصائص الهيدروليكية ومقاومة التربة والتعرية وقابلية التربة على نقل المواد الغذائية الذائبة والغازات والحرارة مما ينعكس ذلك على نوعية التربة وانتاجيتها. ان دليل التفتيت هو نسبة الكتل ذات الاحجام الأقل من 25 ملم وتعتبر دليل على مظهر الحراثة وكلما قلت كانت التربة مفتتة أكثر (Muhsin, 2017a ; Lopez et al., 2010). وقد ذكر عاشور (2016) دليل التفتيت على انه مقياس لقابلية معدات الحراثة على تفتيت التربة وانه كلما قلت قيمة دليل التفتيت دل ذلك على زيادة تفتيت وتنعيم التربة، كما يتأثر دليل التفتيت بنوع المحراث وسرعة الحراثة وعمقها فضلاً عن نسجة التربة وحالتها، وقد وجد عند المقارنة بين محراث مطرحي ومحراث حفار مطور مزود بمنعمتين دورانيتين ان المحراث الحفار تفوق بتسجيل اقل قيمة لدليل التفتيت بلغت 15.92 ملم بينما اعطى المحراث المطرحي دليل تفتيت بلغ 33.82 ملم.

وجد الشجيري وجاسم (2010) ان لنوع المحراث تأثيراً معنوياً في نسبة الكتل الترابية الأكبر من 10 سم عند استخدام المحراث المطرحي القلاب والمحراث الحفار في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية اذ تفوق المحراث الحفار في إعطاء اقل نسبة بلغت 15.91% في حين ازدادت نسبة الكتل عند الحراثة بالمحراث المطرحي لتبلغ 43.62%، وذلك يعود الى طبيعة عمل المحراث المطرحي اذ يعمل على قلب التربة مما يترك كتل كبيرة بينما يقوم المحراث الحفار بشق التربة وتفكيكها دون قلبها.

بينت الدراسة التي اجراها ناصر (2014) ان دليل التفتيت يتأثر بالسرعة الامامية للحراثة وبعمق الحراثة اذ انخفض دليل التفتيت (MWD) بزيادة السرعة بنسبة 23% في حين زاد دليل التفتيت بزيادة العمق بنسبة 12% عند دراسة متطلبات الطاقة للمشط القرصي بعد الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب بثلاث أعماق 15 و 20 و 25 سم وبسرعة امامية 0.25 و 0.38 و 0.46 و 0.6 م<sup>2</sup>-ثا<sup>-1</sup>. وجد جاسم وسعدون (2016) عند استخدام ثلاث أنواع من المحارايث مطرحي وحفار تحتي في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية ان المحراث التحتي سجل اقل حجم كتل أكبر من 10 سم بلغ 12.7 كتلة م<sup>-2</sup> في حين اعطى المحراث المطرحي والحفار حجم كتل 20.7 و 16.7 كتلة م<sup>-2</sup> على التوالي وعزيا سبب ذلك الى دور المحراث المطرحي في قلب التربة وترك كتل كبيرة فوق السطح مقارنة بالمحراث الحفار والتحتي.

لاحظ ناصر وآخرون (2016b) عند اجراء تجربة في تربة ذات نسجة مزيجة غرينية وحرارتها بالمحراث الحفار وبثلاث سرع 0.41 و0.80 و1.30 م<sup>1</sup>-ثا وثلاث أعماق 10 و15 و25 سم ان معدل القطر الموزون قل بنسبة 36% بعد الحراثة بزيادة السرعة من 0.41 الى 1.30 م<sup>1</sup>-ثا وذلك نتيجة زيادة تصادم الكتل مع بعضها ومع أسلحة المحراث بزيادة السرعة مما يزيد من تفتيت التربة، كما ازداد معدل القطر الموزون بزيادة العمق من 10 الى 25 سم بنسبة 82% وذلك نتيجة زيادة حجم الكتل بزيادة عمق الحراثة. كما تعتبر كفاءة التفتيت احدى المؤشرات المستخدمة التي تدل على مظهر الحراثة اذ وجد ناصر واخرون (2016a) عند حراثة التربة بمحراث مطرحي قلاب في تربة مزيجة غرينية بثلاثة أعماق 10 و15 و25 سم وبثلاث سرع 0.45 و0.70 و1.05 م<sup>1</sup>-ثا ان كفاءة التفتيت تنخفض معنوياً بزيادة العمق اذ سجل كفاءة تفتيت بلغت 61.62 و56.39 و47.28% للأعماق على التوالي، كما لاحظوا زيادة كفاءة التفتيت بزيادة السرعة اذ بلغت 50.39 و53.61 و61.27% على التوالي.

وجد (Muhsin 2017a) عند الحراثة باستخدام المحراث الحفار في تربة مزيجة غرينية وبسرعة حراثة 0.65 و0.87 و1.65 م<sup>1</sup>-ثا وبعمق 10 و20 و30 سم ان دليل التفتيت قل بزيادة العمق من 10 الى 30 سم بنسبة 45.83% نتيجة زيادة حجم الكتل للتربة المحروثة بزيادة العمق بينما ازداد دليل التفتيت بزيادة السرعة من 0.65 الى 1.65 م<sup>1</sup>-ثا بنسبة 51.72% وذلك يعود الى زيادة تصادم الكتل بزيادة السرعة مسبباً زيادة التفتيت.

بين (Muhsin 2017b) ان للسرعة تأثير في زيادة تنعيم التربة عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب والامشاط القرصية المعلقة والامشاط القرصية المسحوبة في نوعين من الترب مزيجة غرينية وطينية اذ وجد عند زيادة السرعة من 2.54 الى 5.77 كم ساعة<sup>-1</sup> قلت قيم دليل التفتيت بنسبة 33.29 و35.10 و26.14% للمحراث المطرحي والامشاط المعلقة والامشاط المسحوبة على التوالي في التربة المزيجة الغرينية في حين انخفضت بنسبة 30.77 و22.48 و17.38% في التربة الطينية على التوالي وعزا سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة يؤدي الى زيادة تسارع كتل التربة واصطدامها مع بعضها البعض مما يزيد من التفتيت، كما يلاحظ ان اعلى القيم لدليل التفتيت هو عند الحراثة بالمحراث المطرحي واقل القيم عند الامشاط المسحوبة. وجد (ali 2018) في دراسة باستخدام الامشاط القرصية وامشاط مسننة نابضية ومحراث دوراني ان هنالك فروقاً معنوياً لنوع الالة المستخدمة في عدد الكتل الأكبر من 5 سم م<sup>-2</sup> اذ اعطى المحراث الدوراني اقل عدد للكتل ثم الامشاط القرصية ثم الامشاط المسننة وذلك بسبب طبيعة عمل المحراث الدوراني الذي يعمل على تفتيت التربة من خلال حركة الأسلحة الدورانية وسرعتها.

لاحظ (Jasim and Saadoon, 2020) ان لنوع الالة المستخدمة في تفكيك التربة تأثير في مظهر الحراثة لعدد الكتل الأكبر من 5 سم في المتر المربع اذ استخدمت معدات التنعيم المتمثلة بالامشاط القرصية وامشاط مسننة صلبة محملة نابضياً ومنعمة دورانية في تربة مزيجة رملية اذ وجد ان المنعمة الدورانية سجلت اقل عدد للكتل الأكبر من 5 سم بلغت 8.61 كتلة م<sup>2</sup>. وجد (Hamid and Alsabbagh, 2023) عند المقارنة بين نوعين من المحارث المطرحة (اعتيادي ومشرشر) بعمقين حراثة 15 و 25 سم وسرعتين 4.146 و 7.224 كم ساعة<sup>1</sup> في تربة مزيجة رملية ان بزيادة العمق يزداد عدد الكتل الأكبر من 10 سم م<sup>2</sup> ودليل التفتيت اذ ازداد بنسبة 148.98% و 50.59% على التوالي ولكن انخفض عدد الكتل ودليل التفتيت بزيادة السرعة.

## 2. 1. 7. تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية في استهلاك الوقود

يعتبر استهلاك الوقود من المؤشرات المهمة لتقييم أداء الوحدة الميكانيكية في الحقل وان اتباع الأساليب الممكنة لتقليل استهلاك الوقود خلال العمل له فوائد بيئية واقتصادية لذلك اتجه كثير من الباحثين لدراسة استهلاك الوقود للوحدة الميكانيكية، ان معدل استهلاك الوقود اثناء العمل يختلف باختلاف ظروف التشغيل اذ يتأثر بخصائص التربة من نسجة ومحتوى رطوبي وقوة التربة كما يتأثر بنوع الة الحراثة وعمق الحراثة وسرعتها وحجم الجرار المستخدم بالعمل (Moitzi et al., 2006).

بين الجبوري (2012) انه عند استخدام وحدة ميكانيكية من ساحبة ومحراث حفار ومحراث دوراني بثلاث سرع 3.080 و 4.561 و 5.511 كم ساعة<sup>1</sup> في تربة مزيجة طينية غرينية كان المحراث الحفار اقل استهلاكاً للوقود مقارنة بالمحراث الدوراني اذ بلغ استهلاك الوقود 6.98 و 7.67 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي، وان للسرعة تأثير في استهلاك الوقود اثناء الحراثة اذ قل استهلاك الوقود بزيادة السرعة اذ بلغ 8.511 و 7.176 و 6.416 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي. بين (Ajav and Adewoyin, 2012) ان لعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير في استهلاك الوقود اذ وجد في دراسة اجروها عند حراثة التربة باستخدام المحراث القرصي الثلاثي في تربة ذات نسجة مزيجة رملية بثلاثة أعماق 20 و 25 و 30 سم وبثلاث سرع 5.5 و 6.5 و 7.5 كم ساعة<sup>1</sup> ان استهلاك الوقود ازداد بزيادة عمق الحراثة اذ بلغ 16.79 و 22.02 و 32.67 لتر هـ<sup>1</sup> للأعماق على التوالي، كما ازداد الاستهلاك بزيادة السرعة الامامية اذ بلغ 20 و 24.25 و 27.23 لتر هـ<sup>1</sup> للسرعة على التوالي.

وجد (Akbarnia and Farhani 2014) في دراسة اجروها باستخدام ثلاثة نظم حراثة تمثلت بالحراثة التقليدية (محراث مطرحي + مشط قرصي + باذرة) وحراثة دنيا (محراث حفار + مشط دوراني + باذرة) وبدون حراثة (فقط باذرة) ان الحراثة التقليدية تحتاج الى استهلاك وقود أكثر من الحراثة الدنيا وبدون حراثة اذ بلغ استهلاك الوقود للحراثة الثلاث 59.33 و 29.67 و 14.33 لتر هـ<sup>1</sup>. وجد Tayel (2015) عند اجراء عملية الحراثة باستخدام المحراث الحفار في تربة رملية بثلاث أعماق 10 و 20 و 30 سم وبسرعتين للحراثة 1.79 و 9.6 كم ساعة<sup>1</sup> ان استهلاك الوقود ازداد بزيادة العمق اذ بلغ 11.56 و 12.63 و 14.99 لتر هـ<sup>1</sup> للأعماق على التوالي وازداد الاستهلاك بزيادة السرعة الامامية ليلبغ 8.53 و 17.62 لتر هـ<sup>1</sup> للسرعتين على التوالي.

بينت (Ati et al. 2015) ان استهلاك الوقود انخفض عند الحراثة بالمحراث الحفار في تربة طينية غرينية مقارنة بالمحراث المطرحي القلاب وبنسبة 22.53% وذلك بسبب متطلبات القدرة العالية للمحراث المطرحي مقارنة بالحفار. وتوصل جاسم وجير (2015) الى ان المحراث الحفار يستهلك كمية وقود اقل بوحدة المساحة من المحراث القرصي والمحراث المطرحي بينما كان اعلى استهلاك للوقود عند الحراثة بالمحراث المطرحي وخلال موسمين للتجربة في تربة مزيجة طينية غرينية. كما بين Ranjbarian et al. (2017) ان لنوع المحراث والسرعة تأثير في استهلاك الوقود عند الحراثة بثلاثة أنواع من المحارث مطرحي وقرصي وحفار بعمق حراثة 23 سم وبأربع سرع امامية 1.5 و 2.3 و 3 و 4 كم ساعة<sup>1</sup> ان اعلى استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي وبسرعة 1.5 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 26.5 لتر هـ<sup>1</sup> واقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار بسرعة 3 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 10.72 لتر هـ<sup>1</sup> وعزوا سبب ذلك الى كبر العرض الشغال للمحراث الحفار (250 سم) مقارنة بالمحراث المطرحي والقرصي (100 سم).

وجد عامر (2017) ان المحراث المطرحي القلاب يحتاج الى استهلاك وقود اقل مقارنة بالمحراث القرصي اذ كانت كمية الوقود المستهلكة للمحراث المطرحي 33.77 لتر هـ<sup>1</sup> اما للمحراث القرصي فكانت 36.98 لتر هـ<sup>1</sup> وقد عزا سبب ذلك الى كبر العرض الشغال للمحراث المطرحي مما يؤدي الى زيادة المساحة المحروثة لوحدة حجم الوقود المستهلكة. ووجد (Almaliki 2017) ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة استهلاك الوقود فبزيادة السرعة من 0.39 الى 1.56 م ثا<sup>1</sup> ازداد استهلاك الوقود بنسبة 61%.

توصل عبد الكريم (2017) الى ان استهلاك الوقود يقل بزيادة السرعة الامامية وذلك عند الحراثة باستخدام ثلاث أنواع من المحارث مطرحي قلاب وحفار وقرصي في تربة ذات نسجة مزيجة رملية وثلاث سرع 3.835 و 5.756 و 7.584 كم ساعة<sup>1</sup>، اما تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود فوجد ان المحراث

الحفار اعطى اقل استهلاك وقود بلغ 8.34 لتر هـ<sup>1</sup> في حين سجل المحراث المطرحي والقرصي استهلاك بلغ 25.99 و30.96 لتر هـ<sup>1</sup> وعلل سبب ذلك الى ان المحراث الحفار اعطى اقل انزلاق واعلى سرعة عملية مما زاد من كفاءة استغلال الزمن في الحراثة وبالتالي انخفاض استهلاك الوقود اما سبب زيادة الاستهلاك بالمحراث القرصي يعود الى كبر العرض الشغال والوزن للمحراث القرصي قياساً بالمحراث المطرحي.

وجد (Aridhee et al. (2020) في دراسة أجريت في تربة ذات نسجة مزيجة باستخدام المحراث القرصي بعمقين حراثة 15 و20 سم وبثلاث سرع امامية 4.2 و6.5 كم ساعة<sup>1</sup> ان لعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير معنوي في قيم استهلاك الوقود عند الحراثة بالمحراث القرصي اذ ازداد استهلاك الوقود بزيادة عمق الحراثة نتيجة زيادة الانزلاق مع العمق كما زاد الاستهلاك بزيادة السرعة الامامية للجرار.

لاحظ الموسى (2020) عند استخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار وامشاط قرصية في تربة مزيجة طينية ان استهلاك الوقود يختلف باختلاف نوع المحراث المستخدم في عملية الحراثة اذ كان اقل استهلاك للوقود هو عند استخدام الامشاط القرصية ثم المحراث الحفار ثم المحراث المطرحي القلاب الذي سجل اعلى استهلاك للوقود اذ بلغت قيم الاستهلاك 17.20 ثم 20.41 ثم 24.81 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي وذلك لان المحراث المطرحي يحتاج الى طاقة أكبر في عملية الحراثة فضلاً عن قلة العرض الشغال للمحراث مقارنةً بالمحراث الحفار والامشاط القرصية. وجد (Yahya (2023) عند الحراثة بعمقين 10-5 و20-10 سم باستخدام المحراث الدوراني في تربة مزيجة غرينية ان بزيادة عمق الحراثة ازداد استهلاك الوقود بنسبة 28.64% وعزا سبب ذلك الى زيادة المقاومة النوعية وزيادة الانزلاق بزيادة العمق مما يزيد من استهلاك الوقود. بين (Alamooti and Hosseini (2023) عند استخدام محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي في تربة مزيجة طينية غرينية ان المحراث المطرحي سجل اعلى استهلاك للوقود بلغ 49.6 لتر هـ<sup>1</sup> بينما سجل المشط القرصي والمحراث الحفار استهلاك بلغ 21.3 و37.2 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي.

## 2.2. تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المؤشرات الميكنية

تتأثر عملية الحراثة بالعديد من العوامل منها خواص التربة ونسجتها ونوع المحراث وظروف التشغيل الا ان أكثر العوامل تأثيراً في عملية الحراثة هي رطوبة التربة اذ تؤثر بشكل مباشر على درجة التفتيت كما تؤثر على متطلبات الطاقة والانزلاق (Jacobs and Harrol; 1983). وتشير العديد من المصادر الى ان أفضل رطوبة للحراثة هي عند 14-18% الا ان هذا المدى لا يمكن تحقيقه دائماً نتيجة اختلاف الظروف

الجوية خلال فصول السنة من ارتفاع درجات الحرارة والأمطار والرياح. كما يتأثر الانزلاق بعدة عوامل منها عمق الحراثة وسرعة الجرار والمحتوى الرطوبي للتربة إذ ان كلما زادت رطوبة التربة زادت النسبة المئوية للانزلاق وزيادة الانزلاق تسبب تدهور المؤشرات الميكينية الأخرى ويعود سبب زيادة الانزلاق الى زيادة التماسك المتأني من الأفلام المائية بين دقائق التربة مما يزيد من قوة التربة وبالتالي زيادة قوة السحب والانزلاق (Jebur, 2016). لاحظ (Rashidi et al. (2013 في دراسة لتأثير رطوبة التربة عند حراستها بالمحراث المطرحي القلاب على قوة السحب بمستويين للرطوبة 16.1 و 25.4% ان قوة السحب انخفضت بزيادة رطوبة التربة إذ سجلت 6109 و 5643 نيوتن على التوالي.

أشار حسين وآخرون (2013) الى ان رطوبة التربة عند الحراثة عامل مهم في دراسة مؤشرات الأداء للوحدة الميكينية عند الحراثة بالمحراث تحت التربة ثنائي الأسلحة في تربة مزيجة طينية غرينية بمستويين للرطوبة 13 و 18% إذ لاحظ ان الانزلاق ازداد بنسبة 47.40% وازدادت قوة السحب بنسبة 50.21% وانخفض استهلاك الوقود بنسبة 7.71% بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة. ووجد Amponsah et al. (2014) عند دراسة تأثير رطوبة التربة على انزلاق العجلات في تربة ذات نسجة غرينية عند مستويين من المحتوى الرطوبي للتربة 12 و 22% ان زيادة رطوبة التربة أدت الى زيادة النسبة المئوية للانزلاق من 10 الى 25% للرطوبتين على التوالي.

بين (Jamshidi and Afrous (2015 ان لرطوبة التربة تأثير في استهلاك الوقود عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب عند مستوى رطوبي 50 و 80% من السعة الحقلية وعند السعة الحقلية لاحظ ان استهلاك الوقود انخفض بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة إذ أعطت الرطوبة عند السعة الحقلية اقل القيم لاستهلاك الوقود. توصل (Tayel et al. (2015 عند اجراء عملية الحراثة في تربة رملية باستخدام المحراث الحفار بثلاث مستويات رطوبة للتربة 8.60 و 10.35 و 11.61% الى ان بزيادة رطوبة التربة يزداد استهلاك الوقود إذ أعطت الرطوبة الاولى اقل استهلاك للوقود بلغ 9.58 لتر هـ<sup>1</sup> في حين سجلت الرطوبتين 10.35 و 11.61% استهلاك وقود 12.68 و 16.93 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي، كما وجدوا ان بزيادة الرطوبة يزداد الانزلاق إذ بلغ 12.57 و 18.84 و 24.69% على التوالي وعزوا سبب ذلك الى ان بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة تنخفض كفاءة السحب نتيجة زيادة الانزلاق وبالتالي زيادة استهلاك الوقود.

أشار (Al-suhaibani et al. (2015 الى ان زيادة رطوبة التربة عند مستوى معين تحسن من متطلبات الطاقة للوحدة الميكينية باستخدام المحراث المطرحي إذ استخدم ثلاثة مستويات رطوبة 5.08 و 5.14 و 6.82% ولاحظ ان قوة السحب انخفضت بزيادة مستوى الرطوبة للتربة إذ بلغت 10240 و 8970

و7860 نيوتن على التوالي. وتوصل ناصر وآخرون (2016a) الى انه عند حرارة التربة بمحراث مطرحي قلاب وبمستوى رطوبي 8.92 و16.62 و29.24% في تربة مزيجة غرينية تأثرت قوة السحب بنسبة الرطوبة اذ تفوق المستوى الرطوبي 16.62% على المستويات 8.92 و29.24% بتقليل قوة السحب بنسبة 20.34 و31.53% على التوالي وعزوا ذلك الى زيادة التلاصق ما بين التربة واسلحة المحراث مما يزيد قوة السحب عند الرطوبة العالية في حين ازداد التماسك في التربة الجافة مما يزيد من قوة السحب، كما لاحظوا زيادة كفاءة التفتيت عند المستوى 16.62% بنسبة 22.68 و52.61% قياساً بالمستوى 8.92 و29.24% على التوالي.

وجد (Jebur and Alsayyah 2017) عند اجراء عمليات الحراثة عند مستويين من الرطوبة للتربة 20 و14% ان النسبة المئوية للانزلاق تنخفض بانخفاض رطوبة التربة بنسبة 31.34% وعزيا سبب زيادة الانزلاق عند الرطوبة العالية للتربة الى وجود أفلام مائية بين عجلات الجرار والتربة مما يسبب إزاحة التربة بشكل أسرع. كما أظهرت الدراسة التي توصل اليها جبر والصياح (2017) ان رطوبة التربة عند الحراثة لها تأثير معنوي في مؤشرات الأداء واستهلاك الوقود للوحدة الميكانيكية اذ تم اجراء الحراثة بمحراث مطرحي قلاب ومحراث حفار ومحراث تحت التربة في تربة مزيجة طينية غرينية بمستويين للرطوبة 14-16 و18-20% وجدا ان نسبة الانزلاق ازدادت بنسبة 31.34% وازداد استهلاك الوقود بنسبة 39.95% كما ازدادت قوة السحب بنسبة 26.14% بزيادة رطوبة التربة.

توصل الطالباني وسعد (2018) في دراسة عند حرارة التربة بالمحراث القرصي الثلاثي في تربة مزيجة طينية غرينية بثلاث مستويات رطوبة 13 و17 و21% الى ان النسبة المئوية للانزلاق تنخفض بانخفاض المحتوى الرطوبي للتربة من 21 الى 17% اذ انخفضت بنسبة 43.9% وهذا يعود الى ظروف التماسك بين التربة والاطارات القائدة للجرار في حين ازدادت نسبة الانزلاق بانخفاض الرطوبة من 17 الى 13% بنسبة 44.8% وعزيا سبب ذلك الى وجود الادغال وكذلك ان المحتوى الرطوبي 13% خارج الحالة الهشة للتربة. وجد دحام (2018) في دراسة باستخدام المحراث القرصي القلاب في تربة طينية بمستويات رطوبة 10-13 و14-17 و18-21% ان المحتوى الرطوبي 14-17% اعطى اقل نسبة انزلاق واقل قوة سحب واعلى كفاءة سحب في حين اعطى المستوى الرطوبي 18-21% اعلى نسبة انزلاق وقوة سحب واقل كفاءة سحب.

وجد (Nassir 2018) في دراسة للمقارنة بين ثلاثة أنواع من المحارث القلابية باختلاف نوع المطرحة بثلاث مستويات رطوبة للتربة 10.23 و16.47 و24.68% ان نسبة التفتيت تأثرت برطوبة التربة اذ

بلغت 48 و 57 و 47% للرطوبات على التوالي وبتفوق الرطوبة 16.47% بتسجيل اعلى نسبة نفتيت. بين Ghali (2019) في دراسة باستخدام المحراث المطرحي في تربة مزيجة طينية غرينية بمستويين للرطوبة 12-10 و 13-14% ان لرطوبة التربة تأثير في مؤشرات الأداء للوحدة الميكنية اذ لاحظ زيادة استهلاك الوقود بزيادة الرطوبة بنسبة 6.85% وذلك نتيجة زيادة مقاومة التربة وزيادة قوة السحب، وازداد الانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق بزيادة الرطوبة بنسبة 10.89% و 12.42% على التوالي وكذلك ازدادت المقاومة النوعية بنسبة 9.23%. وجد Jasim and Saadon (2020) في دراسة باستخدام معدات التنعيم المتمثلة بالأمشاط القرصية و أمشاط مسننة صلبة محملة نابضياً ومنعمة دورانية في تربة مزيجة رملية في مستويين من المحتوى الرطوبي للتربة 14-16 و 18-20% ان رطوبة التربة 18-20% تفوقت على الرطوبة 14-16% بفروق غير معنوية في الحصول على أفضل تنعيم للتربة وأفضل مظهر للحراثة واقل عدد للكتل الأكبر من 5 سم في المتر المربع.

أظهرت النتائج التي توصل اليها Aridhee et al. (2020) في دراسة أجريت في تربة ذات نسجة مزيجة وبمستويين من المحتوى الرطوبي للتربة 18.3 و 20.4% باستخدام المحراث القرصي الثلاثي بعمقين حراثة 15 و 20 سم وبنثلاث سرع امامية 4.2 و 6.5 كم ساعة<sup>-1</sup> ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير في مؤشرات الأداء للوحدة الميكنية اذ لاحظوا زيادة الانزلاق بزيادة رطوبة التربة اذ بلغ عند المحتوى الرطوبي الأول 12.6 و 13.3% للعمقين على التوالي في حين ازداد الانزلاق عند المحتوى الرطوبي الثاني ليبلغ 14.6 و 15.3% للعمقين على التوالي. ووجدوا ان استهلاك الوقود يزداد بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة اذ بلغ عند المحتوى الرطوبي الأول 5.88 و 8.60 لتر هـ<sup>-1</sup> للعمقين على التوالي بينما ازداد استهلاك الوقود بزيادة المحتوى الرطوبي اذ بلغ 7.14 و 9.90 لتر هـ<sup>-1</sup> للعمقين على التوالي ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة المحتوى الرطوبي يزداد الانزلاق وبالتالي زيادة استهلاك الوقود. لاحظ كل من Kim et al. (2021) و Kim et al. (2019) عند حراثة التربة بمستويات رطوبة مختلفة (20-25 و 25-30 و 30-35 و 35-35 و 40 و 45-40 و 45-50% (رطوبة حجمية)) باستخدام محراث مطرحي قلاب في تربة مزيجة غرينية ان بزيادة الرطوبة يزداد الانزلاق كما ازدادت قوة السحب بنسبة 111.4% بزيادة الرطوبة، كما توصلوا الى ان زيادة رطوبة التربة خفضت كفاءة السحب بنسبة 95.3% ما بين اول و اخر رطوبة للتربة.

## 2.3. تأثير نوع المحراث في بعض خصائص التربة

### 2.3.1. تأثير نوع المحراث في الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية

ان لعملية الحراثة تأثير في العديد من خصائص التربة الفيزيائية وخصوصاً كثافة التربة الظاهرية ومساميتها اذ تعمل على تفكيك التربة لتقليل كبس التربة وزيادة مساميتها والقضاء على الادغال بغرض زيادة انتاج المحاصيل، كما ان اجراء عمليات الحراثة الغير مناسبة يمكن ان يسبب تصلب التربة وتردي خواصها الفيزيائية مما يؤثر سلباً على التهوية وانتشار الجذور ونشاط الاحياء المجهرية وبالتالي خفض الإنتاج لذلك اختيار الحراثة المناسبة تعتبر ضرورية للحصول على أفضل انتاج (Shabanpour *et al.*, 2022).

وبين المحمدي (2013) ان لعمق الحراثة تأثير في الكثافة الظاهرية للتربة اذ وجد ان الكثافة الظاهرية للتربة تنخفض بزيادة عمق الحراثة من 15 الى 30 سم اذ انخفضت من 1.49 الى 1.38 ميكا غرام م<sup>-3</sup> وعلل سبب ذلك الى زيادة رطوبة التربة مع العمق وزيادة تميؤ التربة وانتفاخها مما يزيد من حجم التربة مع ثبوت كتلتها. أظهرت النتائج التي توصل اليها (Alavijeh *et al.* (2014) عند استخدام محراث دوراني وعازقة ومحراث قرصي ومحراث مطرحي في تربة مزيجة طينية ان المحراث المطرحي تفوق بتسجيل اقل كثافة ظاهرية ثم الدوراني والقرصي والعازقة اذ بلغت 0.92 و0.95 و0.98 و1.06 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي وذلك لان المحراث المطرحي يترك كتل كبيرة مما يزيد من المسامية وحجم المسامات وبالتالي تقل الكثافة الظاهرية.

بين (Gholami *et al.* (2014) عند اجراء عملية الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار وبدون حراثة ان الكثافة الظاهرية انخفضت باستخدام المحراث المطرحي مقارنةً بالحفار وبدون حراثة اذ بلغت 1.29 و1.36 و1.41 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي في حين بلغت المسامية الكلية 52.45 و50.58 و47.58% على التوالي. كما لاحظ الطائي وآخرون (2015) ان لنوع المحراث تأثير في الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية للتربة عند استخدام محراث قرصي عمودي وحفار ومطرحي في تربة طينية غرينية بعمقين حراثة 10-12 و15-17 سم وثلاث سرع امامية 3.628 و5.039 و6.745 كم ساعة<sup>-1</sup> اذ تفوق المحراث القرصي العمودي بتسجيل اقل كثافة ظاهرية واعلى مسامية كلية تلتها المحراث المطرحي ثم الحفار، كما لاحظوا زيادة الكثافة وانخفاض المسامية في نهاية الموسم مقارنة بمنتصف موسم النمو وذلك نتيجة ثبات واستقرار التربة بمرور الوقت في نهاية الموسم ولاحظوا انخفاض الكثافة وزيادة المسامية بزيادة عمق التربة والسرعة الامامية.

وجد (Kostic et al. (2016) في دراسة اجراها باستخدام ثلاثة أنواع من المحارايث (مطرحي وقرصي وحفار) بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم اذ لاحظوا عدم وجود فروق معنوية لنوع المحراث في العمق 15 سم على الكثافة الظاهرية بينما كان هنالك فرق معنوي للكثافة باختلاف نوع المحراث للاعماق الأكبر من 15 سم اذ بلغت الكثافة 1.50 و1.47 و1.45 ميكا غرام م<sup>3</sup> للمحراث المطرحي والحفار والقرصي على التوالي. ووجد (Muhsin (2017b في دراسة عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب والامشاط القرصية المسحوبة والامشاط القرصية المعلقة في نوعين من الترب مزيجة غرينية وطينية ان الامشاط المسحوبة تفوقت بتسجيل اقل كثافة ظاهرية واعلى مسامية بلغت 1.14 ميكا غرام م<sup>3</sup> و57.10% على التوالي في حين سجل المحراث المطرحي اعلى كثافة ظاهرية واقل مساوية بلغت 1.32 ميكا غرام م<sup>3</sup> و50.27% على التوالي في التربة المزيجة الغرينية كما اخذت التربة الطينية نفس مسار النتائج، وعزا سبب ذلك الى تأثير المحراث المطرحي اذ يعمل على ترك كتل أكبر ومسامية اقل مقارنة بالامشاط القرصية.

أظهرت النتائج التي توصل اليها (Hedayatipoor and Alamooti (2020 ان الكثافة الظاهرية تأثرت بنوع المحراث المستخدم في تربة مزيجة طينية اذ بلغت 1.08 و1.29 و1.40 و1.44 ميكا غرام م<sup>3</sup> لمعاملات الحراثة بالمحراث المطرحي ومحراث مطرحي مع تنعيم ومحراث حفار وزراعة فقط على التوالي ويتفوق المحراث المطرحي بأقل كثافة ظاهرية. وجد (Alsayim et al. (2021 ان الكثافة الظاهرية للتربة انخفضت عند الحراثة بالمحراث القرصي والمشط القرصي بنسبة 33 و36% على التوالي، كما وجدوا ان هناك زيادة في قيم الكثافة الظاهرية بزيادة عمق التربة بعد الزراعة. وجد (Salim et al. (2022 عند الحراثة في تربة طينية غرينية ان الكثافة الظاهرية ازدادت بزيادة عمق التربة من 15-50 سم اذ بلغت 1.33-1.38 ميكا غرام م<sup>3</sup> كما لاحظ انخفاض المسامية مع العمق من 45-47% وعزا سبب ذلك الى ان بزيادة العمق تزداد مقاومة التربة.

بين (Shabanpour et al. (2022 عند دراسة تأثير نظم الحراثة في الخواص الفيزيائية للتربة في تربة ذات نسجة مزيجة طينية تضمنت نظم الحراثة محراث مطرحي مع امشاط قرصية ومطرحي مع دوراني وحفار مع مشط قرصي وتم اخذ العينات خلال فترتين بعد الزراعة وبعد الحصاد اذ وجد انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنوع الحراثة في الكثافة الظاهرية والمسامية بينما زادت الكثافة الظاهرية بعد الحصاد مقارنة ببعد الزراعة اذ ازدادت من 1.20 ميكا غرام م<sup>3</sup> بعد الزراعة الى 1.35 ميكا غرام م<sup>3</sup> بعد الحصاد كما انخفضت المسامية من 54.96% الى 45.29%. لاحظ (Naderi Khorasgani et al. (2022 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للسرعة الامامية للحراثة على الكثافة الظاهرية والمسامية للتربة عند الحراثة بثلاثة

أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) وبثلاث سرع 2 و5 و8 كم ساعة<sup>1</sup> بعمق 25 سم بينما لاحظوا تفوق المحراث المطرحي بتسجيل اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.21 ميكا غرام م<sup>3</sup> بينما بلغت للمحراث القرصي والحفار 1.41 و1.38 ميكا غرام م<sup>3</sup> على التوالي في حين لم يكن هنالك تأثير معنوي للمحراث على مسامية التربة. كما وجد شمخي (2023) في دراسة اجراها باستخدام ثلاث أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة طينية غرينية بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم وثلاث سرع امامية 1.62 و2.7 و3.78 كم ساعة<sup>1</sup> ان المحراث المطرحي القلاب سجل اعلى كثافة ظاهرية ثم القرصي ثم الحفار اذ بلغت 1.53 و1.49 و1.45 ميكا غرام م<sup>3</sup> على التوالي كما ازدادت الكثافة الظاهرية بزيادة العمق والسرعة بنسبة 7% و5% على التوالي كما أعطت الشبكات العصبية معامل تحديد عالي للعلاقة بين القيم المحسوبة والمتنبأ بها بلغ 0.9525، اما المسامية الكلية فقد تفوق الحفار بأعلى مسامية مقارنة بالمحراث القرصي والمطرحي اذ بلغت 44 و42.4 و40.8% على التوالي وانخفضت المسامية بزيادة العمق والسرعة بنسبة 7% و4% على التوالي وبلغ معامل التحديد للعلاقة بين القيم المتنبأ بها والقيم المحسوبة 0.9515.

وجد (Hamid and Alsabbagh (2023) عند المقارنة بين نوعين من المحارث المطرحية (اعتيادي ومشرشر) بعمقين حراثة 15 و25 سم وسرعتين 4.146 و7.224 كم ساعة<sup>1</sup> في تربة مزيجة رملية ان كثافة التربة تزداد بزيادة العمق بنسبة 9.93% نتيجة زيادة ضغط السلاح على التربة مع العمق في حين انخفضت المسامية مع العمق بنسبة 8.33% كما ازدادت الكثافة الظاهرية وانخفضت المسامية بزيادة السرعة. وجد (Alamooti and Hosseini (2023) انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنوع المحراث في الكثافة الظاهرية للتربة عند استخدام محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي في تربة مزيجة طينية غرينية. في دراسة اجراها (Nassir et al. (2023 بأربعة نظم حراثة تمثلت بمحراث مطرحي مع مشط قرصي ومحراث حفار مع مشط قرصي ومرورين للمشط القرصي ومحراث دوراني، بثلاثة أعماق حراثة 10 و15 و20 سم في تربة مزيجة طينية غرينية وجد ان الكثافة الظاهرية والمسامية تأثرت بنظم الحراثة اذ بلغت الكثافة 1.25 و1.24 و1.22 و1.32 ميكا غرام م<sup>3</sup> على التوالي بينما بلغت المسامية 53.21 و52.83 و53.95 و50.19% على التوالي، كما توصلوا الى ان لعمق الحراثة تأثير في الكثافة الظاهرية ومسامية التربة اذ انخفضت الكثافة وازدادت المسامية بزيادة عمق الحراثة.

## 2.3.2. تأثير نوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة

بين (Mikha et al. 2011) ان المحراث المطرحي تفوق على الحفار بتسجيل اعلى محتوى رطوبي في تربة مزيج طينية غرينية اذ بلغت قيم الرطوبة 3.100 و 2.760% للمحراث المطرحي والحفار على التوالي. لاحظ (Alam and Salahin 2013) ان زيادة عمق الحراثة من 0-4 و 10-12 و 20-25 سم باستخدام المحراث الحفار في تربة مزيج طينية أدت الى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية ليلبلغ 24.45 و 27.53 و 30.93% على التوالي.

أظهرت النتائج التي توصل اليها (Alavijeh et al. 2014) عند استخدام محراث دوراني وعازقة ومحراث قرصي ومحراث مطرحي في تربة مزيج طينية ان المحراث المطرحي تفوق بتسجيل اعلى محتوى رطوبي للتربة بعد الحراثة بلغ 16.08% ثم المحراث القرصي 14.12% ثم المحراث الدوراني 13.53% ثم العازقة 13.07% بينما تفوق المحراث القرصي ثم العازقة ثم الدوراني ثم المطرحي بتسجيل اعلى محتوى رطوبي بعد الحصاد بلغ 9.10 و 8.93 و 8.70 و 8.69% على التوالي وعزوا سبب ذلك الى انه كلما قل عمق الحراثة قل فقد الرطوبة في التربة. لاحظ (Amin et al. 2014) عند استخدام المحراث الحفار والمطرحي والقرصي في تربة ذات نسجة مزيج طينية غرينية وبعمقين لخصائص التربة 0-20 و 20-40 سم ان المحراث الحفار تفوق باعلى محتوى رطوبي عند العمقين اذ بلغت الرطوبة للعمق الأول 14.9 و 14.6 و 14.2% للمحارث على التوالي في حين بلغت عند العمق الثاني 16.3 و 15.6 و 15.1% على التوالي.

بين (Gholami et al. 2014) عند اجراء عملية الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار وبدون حراثة ان المحراث المطرحي القلاب سجل اعلى محتوى رطوبي للتربة بلغ 15.35% بينما بلغت عند المحراث الحفار وبدون حراثة 9.75 و 6.75% على التوالي. وتوصل الطائي وآخرون (2015) الى ان المحراث الحفار تفوق على المحراث المطرحي والقرصي العمودي بتسجيل اعلى محتوى رطوبي للتربة عند حراثة التربة على عمقين 10-12 و 15-17 سم في تربة طينية غرينية وبثلاث سرع 3.628 و 5.039 و 6.745 كم ساعة<sup>-1</sup> اذ بلغت 4.95 و 6.45% للعمقين على التوالي بينما بلغت عند المحراث المطرحي 4.41 و 5.58% وللقرصي العمودي 4.64 و 6.10% للعمقين على التوالي، وتوصلوا الى ان رطوبة التربة ازدادت بزيادة عمق التربة والسرعة الامامية للجرار كما لاحظوا انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة في نهاية الموسم مقارنة بمنتصف الموسم نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر في نهاية الموسم.

بين الموسى (2020) في دراسة لتأثير نوع المحراث في بعض خواص التربة باستخدام محراث مطرحي وحفار وامشاط قرصية في تربة مزيجة طينية ان الامشاط القرصية تفوقت بتسجيل اعلى محتوى رطوبي للتربة في حين سجل المحراث المطرحي اقل محتوى رطوبي للتربة كما تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي بأعلى محتوى رطوبي عند بداية ونهاية موسم النمو، كما لاحظ ان المحتوى الرطوبي ينخفض في بداية الموسم مع زيادة عمق التربة في حين ازداد مع العمق في نهاية الموسم كما انخفض المحتوى الرطوبي في نهاية موسم النمو اذ بلغ 19.14% مقارنةً ببداية الموسم (23.63%) لمحصول الحنطة. ووجد *Martins et al. (2021)* في دراسة لتأثير نظم الحراثة في رطوبة التربة باستخدام حراثة تقليدية ودنيا وبدون حراثة انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنظم الحراثة على المحتوى الرطوبي للتربة. كما لاحظ *Alsayim et al. (2021)* انه لم يكن هنالك فروق معنوية لنوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة عند استخدام محراث قرصي وامشاط قرصية بينما لاحظوا زيادة رطوبة التربة بزيادة عمق التربة.

وجد *Shabanpour et al. (2022)* عند دراسة تأثير نظم الحراثة في الخواص الفيزيائية للتربة في تربة ذات نسجة مزيجة طينية تضمنت نظم الحراثة محراث مطرحي مع امشاط قرصية ومطرحي مع دوراني وحفار مع مشط قرصي وتم اخذ العينات خلال فترتين بعد الزراعة وبعد الحصاد لمحصول الحنطة ان المحتوى الرطوبي للتربة كنسبة من السعة الحقلية ازداد من 53.04% بعد الزراعة الى 62.97% بعد الحصاد وذلك بسبب تأثير فترة بعد الزراعة اذ ازدادت المسامية وازداد البزل مما يقلل من مسك الماء مقارنة ببعد الحصاد حيث تقل المسامية ويزداد مسك الماء، اما نظم الحراثة فكان تأثيرها معنوياً في المحتوى الرطوبي للتربة المشبعة اذ تفوق الحفار مع المشط القرصي بأعلى محتوى رطوبي بلغ 61.36% بينما كان اقل محتوى رطوبي عند المطرحي والمشط القرصي اذ بلغ 54.03%. بينما وجد *Naderi Khorasgani et al. (2022)* عند الحراثة بثلاث أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) وبثلاث سرع 2 و5 و8 كم ساعة<sup>1</sup> بعمق 25 سم انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للسرعة الامامية للحراثة ولنوع المحراث على المحتوى الرطوبي للتربة.

### 2. 3. 3. تأثير نوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق

مقاومة التربة للاختراق هي مقياس لصلابة التربة اذ ان التربة التي تمتلك مقاومة اختراق عالية تعيق انتشار الجذور وتسبب تغدق للتربة وانخفاض للتهوية مما يؤثر سلباً على نمو المحصول لذلك تجرى عمليات

الحراثة لتفكيك التربة وتقليل مقاومة التربة للاختراق لتحسين الخواص الفيزيائية للتربة وزيادة انتشار الجذور في التربة (Kuroyanagi et al. 1997).

توصل Jabro et al. (2010) الى ان المحراث الحفار يعمل على تفكيك التربة أكثر من الامشاط القرصية عند الحراثة في تربة مزيجة رملية اذ انخفضت مقاومة التربة للاختراق عند الحراثة بالمحراث الحفار اذ بلغت 912 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> في حين بلغت عند الحراثة بالامشاط القرصية 1203 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>. كما بين (Mikha et al. 2011) ان المحراث الحفار تفوق على المطرحي بتسجيل اقل مقاومة اختراق في تربة مزيجة طينية غرينية اذ بلغت قيم مقاومة الاختراق 332 و 648 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> للمحراث الحفار والمطرحي على التوالي. وجد المحمدي (2013) ان زيادة عمق الحراثة من 15 الى 30 الى 45 سم أدت الى خفض مقاومة التربة للاختراق من 245.25 الى 186.39 الى 147.15 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> عند الحراثة في تربة مزيجة لان زيادة عمق الحراثة تتحسن خواص التربة وتزداد رطوبة التربة مما يقلل من المقاومة.

وجد Amin et al. (2014) عند استخدام المحراث الحفار والمطرحي والقرصي في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية وبعمقين لخصائص التربة 20-0 و 40-20 سم ان المحراث الحفار سجل اقل مقاومة اختراق للتربة بلغت 239 و 255 نيوتن م<sup>-2</sup> للعمقين على التوالي في حين سجل المحراث المطرحي والقرصي مقاومة تربة بلغت 254 و 257 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> و 273 و 275 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> للعمقين على التوالي. توصل الطائي وآخرون (2015) في دراسة باستخدام محراث الحفار ومحراث المطرحي وقرصي عمودي على عمقين 10-12 و 15-17 سم وبثلاث سرع 3.628 و 5.039 و 6.745 كم ساعة<sup>-1</sup> عند رطوبة تربة 7.39% في تربة طينية غرينية الى ان المحراث القرصي العمودي تفوق بتسجيل اقل مقاومة اختراق للتربة في حين سجل المحراث الحفار اعلى مقاومة اختراق وعزوا سبب ذلك الى ان المحراث الحفار سجل اعلى كثافة ظاهرية مما زاد من مقاومة الاختراق، كما توصلوا الى ان مقاومة الاختراق انخفضت بزيادة عمق الحراثة كما انخفضت بزيادة السرعة، ولاحظوا زيادة مقاومة التربة للاختراق في نهاية الموسم مقارنة بمنتصف الموسم نتيجة زيادة الكثافة الظاهرية في نهاية الموسم.

بين Kostic et al. (2016) عند استخدام ثلاث أنواع من المحاريث (مطرحي وقرصي وحفار) بثلاث أعماق 15 و 20 و 25 سم في تربة مزيجة اذ لاحظوا عدم وجود فروق معنوية لمقاومة التربة للاختراق باختلاف نوع المحراث في العمق 15 سم بينما كان هنالك فرق معنوي لمقاومة الاختراق باختلاف نوع المحراث للاعماق الأكبر من 15 سم اذ بلغت مقاومة الاختراق 3590 و 2860 و 2350 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> للمحراث المطرحي والحفار والقرصي على التوالي. ولاحظ Kuhwald et al. (2016) ان المحراث

الحفار تفوق على المحراث المطرحي القلاب في تسجيل اقل مقاومة اختراق عند الحراثة في تربة مزيجية. كما توصل (Dekemati et al. 2019) في دراسة لحراثة التربة بالمحراث المطرحي القلاب والمحراث القرصي في تربة مزيجية الى ان الحراثة بالمحراث المطرحي تزيد من مقاومة التربة للاختراق مقارنة بالمحراث القرصي.

وجد (Hernández et al. 2019) ان مقاومة التربة للاختراق ازدادت عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب مقارنة بالمحراث الحفار في تربة مزيجية كما ازدادت بزيادة عمق الحراثة. أظهرت النتائج التي توصل اليها (Hedayatipoor and Alamooti 2020) عند الحراثة بالمحراث المطرحي ومحراث مطرحي مع تنعيم ومحراث حفار وزراعة فقط ان المحراث المطرحي اعطى اقل مقاومة اختراق مقارنة بنظم الحراثة الاخرى. كما وجد (Biberdzic et al. 2020) ان زيادة عمق الحراثة من 0-10 الى 0-30 سم أدى الى زيادة مقاومة التربة للاختراق اذ بلغت 1370 و2800 كيلو نيوتن م<sup>2</sup> على التوالي. توصل الموسى (2020) في دراسة لتأثير نوع المحراث في بعض خواص التربة باستخدام محراث مطرحي وحفار وامشاط قرصية في تربة مزيجية طينية ان المحراث الحفار سجل اقل مقاومة اختراق ثم تلاه المطرحي ثم الامشاط القرصية نتيجة دور المحراث الحفار في خفض كثافة التربة الظاهرية والمسامية الكلية، كما وجد ان مقاومة التربة للاختراق تزداد بزيادة عمق التربة للأعماق 0-15 و15-30 و30-45 سم نتيجة زيادة صلابة التربة مع العمق وكان لفترة النمو تأثير في مقاومة التربة للاختراق اذ ازدادت في نهاية موسم النمو مقارنةً ببدايته اذ بلغت 3578 و2303 كيلو نيوتن م<sup>2</sup> على التوالي.

ان مقاومة الاختراق تتأثر بالمحتوى الرطوبي للتربة فبزيادة الرطوبة تقل مقاومة التربة للاختراق كما تتأثر بعمليات الحراثة اذ تعمل على تفكيك التربة وخفض الكثافة مما يقلل من مقاومة التربة، اذ وجد في دراسة لتأثير نظم الحراثة على مقاومة التربة للاختراق باستخدام حراثة تقليدية ودنيا وبدون حراثة ان مقاومة التربة للاختراق انخفضت باستخدام الحراثة اذ بلغت 940 و1000 و1150 كيلو نيوتن م<sup>2</sup> لنظم الحراثة لبداية موسم النمو لنبات الفاصولياء على التوالي في حين بلغت في نهاية الموسم 1000 و1150 و1180 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>، كما تزداد مقاومة التربة للاختراق بزيادة العمق (Martins et al., 2021). وجد Salim et al. (2022) عند الحراثة في تربة طينية غرينية ان مقاومة التربة للاختراق ازدادت بزيادة العمق من 15-50 سم اذ ازدادت من 3420 الى 4320 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>. لاحظ شمخي (2023) في دراسة اجراها باستخدام ثلاث أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) في تربة طينية غرينية بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم وثلاث سرع امامية 1.62 و2.7 و3.78 كم ساعة<sup>-1</sup> ان مقاومة التربة للاختراق تتأثر بنوع

المحراث المستخدم اذ سجل المحراث المطرحي اعلى مقاومة اختراق اسفل المحراث مقارنة بالمحراث القرصي والحفار اذ بلغت 3280 و 2950 و 2880 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> على التوالي، ولاحظ زيادة مقاومة الاختراق بزيادة العمق من 15 الى 25 سم اذ ازدادت بنسبة 27% كما ازدادت بزيادة السرعة بنسبة 24% عن زيادة السرعة من 1.62 الى 3.78 كم ساعة<sup>-1</sup> كما وجد ان استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية اعطى نتائج متقاربة للقيم المحسوبة اذ بلغ معامل التحديد 0.9574.

### 2. 3. 4. تأثير نوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة

عند استخدام معدات الحراثة في التربة تعمل على تفكيك التربة مما يزيد من مساميتها وتكسير الطبقات الصماء مما يساعد على حركة الماء للأسفل وغسل الاملاح وتقليل تأثير الخاصية الشعرية لتجنب صعود الماء والاملاح الى اعلى سطح التربة اذ بين (Sornpoon and Jayasuriya (2013 ان للحراثة تأثير في خفض الايصالية الكهربائية للتربة اذ لاحظ ان الايصالية الكهربائية انخفضت عند اجراء عمليات الحراثة باستخدام محراث تحت التربة مع مطرحي و امشاط قرصية ومحراث مطرحي مع امشاط دورانية ومحراث قرصي ثلاثي مع امشاط قرصية ومحراث قرصي بسبعة أقراص وبدون حراثة اذ كانت الايصالية الكهربائية قبل الحراثة 11.39 و 11.01 و 11.01 و 10.61 و 8.24 ديسيمنز م<sup>-1</sup> وانخفضت بعد اجراء عمليات الحراثة لتبلغ 7.83 و 7.64 و 7.79 و 7.77 و 7.51 ديسيمنز م<sup>-1</sup> للمعاملات على التوالي وذلك نتيجة تفكيك التربة وزيادة المسامية وانخفاض الكثافة الظاهرية تحت تأثير الحراثة مما ساعد على حركة الماء والاملاح بعيداً عن منطقة الجذور.

وجد (Martinez et al. (2013 في دراسة للمقارنة بين الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي القلاب وبدون حراثة على بعض الخصائص الكيميائية للتربة في تربة ذات نسجة طينية رملية ان للحراثة التقليدية تأثير في خفض الايصالية الكهربائية للتربة اذ انخفضت معنويًا بنسبة 25% مقارنةً بمعاملة بدون حراثة للعمق 0-15 سم. كما توصل المياحي (2014) ان لنوع المحراث تأثير في معالجة مشكلة تملح التربة وخفض الايصالية الكهربائية للتربة اذ تفوقت معاملة استخدام المحراث تحت سطح التربة مع محراث مطرحي على معاملة استخدام المحراث المطرحي فقط في خفض الايصالية الكهربائية للتربة. وتوافقت هذه النتائج مع النتيجة التي توصل اليها (Wang et al. (2014 اذ تفوقت الحراثة العميقة على الحراثة التقليدية في خفض الايصالية الكهربائية للتربة بنسبة 41.27% عند عمق 20-30 سم.

وجد (Gholami et al. (2014) عند اجراء عمليات الحراثة تحت ثلاث نظم حراثة (تقليدية ودنيا وبدون حراثة) ان الحراثة التقليدية تفوقت بتسجيل اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 1.19 ديسيمنز م<sup>-1</sup> وبلغت عند نظم الحراثة الدنيا وبدون حراثة 1.61 و1.78 ديسيمنز م<sup>-1</sup> على التوالي. ولاحظ الموسى (2020) ان لعملية الحراثة دور في تقليل الايصالية الكهربائية للتربة وحسب نوع المحراث باستخدام محراث مطرحي وحفار وامشاط قرصية في تربة مزيج طينية اذ تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي والامشاط القرصية بتسجيل اقل ايصالية كهربائية في حين سجلت الامشاط القرصية اعلى ايصالية كهربائية كما ازدادت ملوحة التربة (الايصالية الكهربائية) بزيادة عمق التربة، أيضا لاحظ ان الايصالية الكهربائية ازدادت في نهاية موسم النمو اذ بلغت 7.85 ديسيمنز م<sup>-1</sup> بعد ان كانت في بداية الموسم 6.61 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. بين (Gülser et al. (2020) ان لنظم الحراثة تأثير في الايصالية الكهربائية للتربة عند اجراء عملية الحراثة تحت نظامين حراثة تضمن حراثة تقليدية بالمحراث المطرحي القلاب وحراثة منخفضة بالمحراث الحفار في تربة طينية غرينية اذ لاحظ ان نظام الحراثة بالمحراث الحفار تفوق على المحراث المطرحي اذ سجل اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 0.29 ديسيمنز م<sup>-1</sup> في حين بلغت عند الحراثة بالمحراث المطرحي 0.42 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. كما وجد زيدان (2020) عند اجراء عمليات الحراثة باستخدام محراث مطرحي قلاب ومحراث حفار في تربة ذات نسجة طينية غرينية ان المحراث الحفار تفوق على المحراث المطرحي في صفة الايصالية الكهربائية للتربة اذ سجل اقل ايصالية مقارنة بالمحراث المطرحي اذ بلغت 5.27 و5.46 ديسيمنز م<sup>-1</sup> على التوالي.

توصل (Amami et al. (2021) في دراسة باستخدام ثلاث نظم حراثة (حراثة تقليدية بالمحراث المطرحي وحراثة منخفضة بالعازقات وبدون حراثة) في تربة مزيج طينية الى ان الحراثة التقليدية كان لها الدور في تحسين خصائص التربة وخفض الايصالية الكهربائية للتربة مقارنة بنظم الحراثة الأخرى المتبعة في الدراسة. بينما لاحظ (Afshar et al. (2022) انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنظم الحراثة على الايصالية الكهربائية للتربة عند اجراء عمليات الحراثة في تربة مزيج باستخدام محراث مطرحي وحفار وبدون حراثة.

## 2. 4. تأثير نوع المحراث في بعض صفات النمو للمحصول

### 2. 4. 1. حاصل الحبوب

ان حراثة التربة تحسن من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية مما ينعكس إيجاباً على توفير ظروف ملائمة لنمو المحصول من تهوية وسهولة امتصاص الماء والعناصر الغذائية. بين *Akbarnia et al.* (2010) في دراسة باستخدام محراث مطرحي وحفار ان المحراث المطرحي اعطى حاصل حبوب للحنطة اعلى من المحراث الحفار اذ بلغ 8.06 طن هـ<sup>1</sup> بينما اعطى الحفار حاصل حبوب بلغ 7.9 طن هـ<sup>1</sup>.

وجد *Mikha et al.* (2011) ان لنوع المحراث تأثير في حاصل حبوب الشعير اذ تفوق المحراث المطرحي بأعلى حاصل حبوب بلغ 1.760 طن هـ<sup>1</sup> بينما بلغ بالمحراث الحفار 1.337 طن هـ<sup>1</sup>. بين *Jug et al.* (2011) في دراسة تضمنت محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي وبدون حراثة ان المحراث الحفار تفوق بتسجيل اعلى حاصل للحبوب بلغ 5.76 طن هـ<sup>1</sup> بينما بلغ للمعاملات الأخرى للمطرحي والامشاط وبدون حراثة 5.62 و5.59 و5.40 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. ولاحظ *Alam and Salahin* (2013) ان زيادة عمق الحراثة من 0-4 و10-12 و20-25 سم باستخدام المحراث الحفار في تربة مزيجة طينية أدت الى زيادة معنوية في حاصل حبوب الحنطة وذلك لان زيادة العمق زاد انتشار الجذور وزاد امتصاص العناصر. وجد *Ramadhan* (2013) ان حراثة وتفكيك التربة بالمحراث المطرحي تزيد من مسامية التربة وتقلل الكثافة الظاهرية وتزيد من انتشار الجذور مما يحسن من حاصل الحبوب للمحصول اذ وجد ان حاصل الحبوب لمحصول الشعير عند الحراثة بالمحراث المطرحي تفوق على المحراث الحفار مقارنةً بعدم الحراثة بنسبة 18.335 و15.167% على التوالي. في حين وجد صافي (2013) انه لا يوجد فرق معنوي بين المحراث المطرحي والحفار في حاصل حبوب الحنطة عند الحراثة في تربة مزيجة طينية غرينية.

أظهرت النتائج التي توصل اليها *Alavijeh et al.* (2014) عند استخدام محراث دوراني وعازقة ومحراث قرصي ومحراث مطرحي في تربة مزيجة طينية ان المحراث القرصي اعطى اعلى حاصل للذرة الصفراء بلغ 88.18 طن هـ<sup>1</sup> بينما اعطى كل من العازقة والمطرحي والدوراني حاصل بلغ 74.73 و65.23 و53.84 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. وجد *Gholami et al.* (2014) عند اجراء عملية الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار وبدون حراثة ان المحراث المطرحي سجل اعلى حاصل حبوب لمحصول الحنطة بلغ 6.83 و5.50 و5.22 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. كما لاحظ *Rusu* (2014) ان حاصل الحبوب

لمحصول الحنطة ازداد عند الحراثة بالمحراث المطرحي مقارنة بالمحراث الحفار بنسبة 7.18%. كما وجد Taner et al. (2015) عند استخدام محراث مطرحي ومحراث دوراني وبدون حراثة في تربة مزيجة رملية في منطقة شبه جافة ان الزراعة بدون حراثة أعطت اعلى حاصل للحنطة بلغ 1.44 طن هـ<sup>-1</sup> بينما سجل المحراث المطرحي والدوراني حاصل بلغ 1.15 و 1.33 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي وعلل سبب تفوق الزراعة بدون حراثة الى زيادة قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة نتيجة عدم الحراثة فضلاً عن بقاء القش فوق سطح التربة.

وجد Copec et al. (2015) انه لم يكن هنالك فرق معنوي عند الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار في حاصل الحنطة للموسم الأول بينما تفوق المحراث الحفار على المطرحي في حاصل الحبوب في الموسم الثاني اذ بلغ 5.85 طن هـ<sup>-1</sup> للمحراث الحفار بينما بلغ للمحراث المطرحي 5.58 طن هـ<sup>-1</sup>. في دراسة اجراها Santín-Montanyá et al. (2017) تضمنت استخدام ثلاث نظم حراثة تقليدية بالمطرحي القلاب ومنخفضة بالحفار وبدون حراثة في تربة مزيجة رملية لاحظوا تفوق معاملة بدون حراثة في اعلى حاصل لحبوب الحنطة في حين لم يكن هنالك فروق معنوية بين المحراث المطرحي والحفار. كما لاحظ Cociu and Alionte (2017) ان المحراث المطرحي تفوق على المحراث الحفار في صفة حاصل الحبوب للحنطة اذ بلغ 5.94 و 5.81 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي بينما تفوق المحراث الحفار على المطرحي في حاصل الذرة الصفراء اذ بلغ 9.05 و 8.82 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي. لاحظ Woźniak and Stępniewska (2017) عند المقارنة بين حراثة تقليدية بالمحراث المطرحي وحراثة منخفضة بالعازقات ان الحراثة التقليدية تفوقت على الحراثة المنخفضة بأعلى حاصل حبوب اذ بلغ 2.53 و 2.31 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي. في حين وجد Hedayatipoor and Alamooti (2020) انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنوع المحراث على حاصل الحنطة عند الحراثة بالمحراث المطرحي ومحراث مطرحي مع تنعيم ومحراث حفار وزراعة فقط في تربة مزيجة طينية.

كما بين Woźniak and Rachoń (2020) ان لنظم الحراثة تأثير في حاصل الحنطة اذ تفوقت الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي بأعلى حاصل حبوب على الحراثة المنخفضة بالعازقة وبدون حراثة اذ بلغ حاصل الحبوب 5.31 و 5.21 و 5.08 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي. ووجد الموسى (2020) عند استخدام محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي في تربة مزيجة طينية وأثر الحراثة على حاصل الحبوب للحنطة ان المحراث الحفار سجل اعلى حاصل للحبوب بلغ 6.56 طن هـ<sup>-1</sup> بينما سجل المحراث المطرحي والامشاط القرصية حاصل بلغ 6.14 و 5.36 طن هـ<sup>-1</sup>. وجد Alsayim et al. (2021) ان انتاج الحبوب لمحصول

الحنطة تفوق عند الحراثة بالمشط القرصي مقارنةً بالمحراث القرصي اذ ازداد بنسبة 56.12%. وجد Gawęda and Haliniarz (2021) انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنظم الحراثة على حاصل الحبوب للحنطة باستخدام نظامين حراثة تضمن الحراثة التقليدية وعدم الحراثة في تربة مزيجة رملية.

توصل Nassir et al. (2023) في دراسة اجراها بأربع نظم حراثة تمثلت بـ 1- محراث مطرحي + مشط قرصي 2- محراث حفار + مشط قرصي 3- مرورين للمشط القرصي 4- محراث دوراني، في تربة مزيجة طينية غرينية الى ان للحراثة تأثير في صفة حاصل الحبوب لمحصول الشوفان اذ بلغ 2.86 و 2.99 و 1.98 طن هـ<sup>1</sup> لنظم الحراثة على التوالي، كما توصلوا الى ان بزيادة عمق الحراثة يزداد حاصل الحبوب نتيجة تحسن الخواص الفيزيائية للتربة مع العمق. بين Alamooti and Hosseini (2023) عند استخدام محراث مطرحي ومشط قرصي ومحراث حفار في تربة مزيجة طينية غرينية انه لم يكن هنالك تأثير لنوع المحراث في حاصل الحنطة اذ بلغ 5.45 و 5.23 و 5.36 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي بالرغم من تفوق المحراث المطرحي.

## 2. 4. 2. الوزن الجاف

بين Tabatabaeefar et al. (2009) ان لنوع المحراث تأثير في الوزن الجاف للحنطة اذ استخدم محراث مطرحي وحفار ودوراني ومحراث تحت التربة وبدون حراثة في تربة ذات نسجة طينية اذ وجد ان اعلى قيمة كانت بالمحراث الدوراني بينما اقل قيمة بالمحراث المطرحي اذ بلغ الوزن الجاف للمعاملات 4.90 و 5.42 و 6.54 و 5.83 و 5.70 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. وجد Jug et al. (2011) في دراسة تضمنت محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي وبدون حراثة ان لنوع المحراث تأثير في الوزن الجاف للحنطة اذ بلغ 2.25 و 2.24 و 2.19 و 2.15 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي.

وجد Mikha et al. (2011) ان لنوع المحراث تأثير في الوزن الجاف للشعير اذ سجل المحراث المطرحي اعلى وزن جاف مقارنةً بالمحراث الحفار اذ بلغ 5.67 و 5.27 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. وجد Alam and Salahin (2013) ان زيادة عمق الحراثة من 0-4 و 10-12 و 20-25 سم باستخدام المحراث الحفار في تربة مزيجة طينية أدت الى زيادة الوزن الجاف لمحصول الحنطة اذ بلغ 9.21 و 10.86 و 13.87 طن هـ<sup>1</sup> نتيجة زيادة انتشار الجذور وزيادة قابلية الجذور على امتصاص الماء والمغذيات. لاحظ Gholami et al. (2014) عند اجراء عملية الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار وبدون حراثة ان الوزن الجاف للحنطة بلغ 26.70 و 23.37 و 22.20 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي.

وجد (Taner *et al.* (2015) عند استخدام محراث مطرحي ومحراث دوراني وبدون حراثة في تربة مزيجية رملية في منطقة شبه جافة انه لم يكن هنالك فروق معنوية لنظم الحراثة في الوزن الجاف للحنطة. وهذه النتيجة مطابقة لما توصل اليه (Santín-Montanyá *et al.* (2017) الى انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنظم الحراثة في صفة الوزن الجاف لحاصل الحنطة في دراسة تضمنت استخدام ثلاث نظم حراثة تقليدية بالمطرحي القلاب ومنخفضة بالحفار وبدون حراثة في تربة مزيجية رملية. بين (Khan *et al.* (2017) في دراسة لبعض خصائص النمو لمحصول الذرة الصفراء تحت ثلاث نظم حراثة عميقة وتقليدية ودنيا في تربة مزيجية طينية رملية ان الحراثة العميقة تفوقت بأعطاء اعلى وزن جاف بلغ 39.822 طن هـ<sup>1</sup> بينما بلغ للحراثة التقليدية والدنيا 38.566 و 35.300 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. لاحظ الموسى (2020) عند استخدام محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي في تربة مزيجية طينية ان المحراث الحفار تفوق على المحراث المطرحي والامشاط القرصية باعلى وزن جاف للمجموع الخضري للحنطة اذ بلغ 7.091 و 6.470 و 5.865 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. وجد (Gawęda and Haliniarz (2021) ان لحراثة التربة دور في زيادة الحاصل الخضري للحنطة في تربة مزيجية رملية اذ تفوقت الحراثة التقليدية على نظام عدم الحراثة بنسبة 7.5%.

## 2. 4. 3. ارتفاع النبات

ان تحسن خواص التربة الفيزيائية والكيميائية بعمليات الحراثة له دور في تحسين خصائص النمو للمحصول، اذ وجد (Mikha *et al.* (2011) ان المحراث المطرحي القلاب تفوق على المحراث الحفار بتسجيل اعلى ارتفاع لمحصول الشعير بلغ 78.67 سم بينما بلغ للمحراث الحفار 75.67 سم. بينما وجد (Jug *et al.* (2011) في دراسة تضمنت محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي وبدون حراثة انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنوع المحراث في صفة ارتفاع النبات للحنطة.

توصل (Ramadhan (2013 الى ان ارتفاع النبات لمحصول الشعير ازداد عند الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار بنسبة 4.727 و 2.780% على التوالي مقارنة بعدم الحراثة. كما وجد (Gholami *et al.* (2014) عند اجراء عملية الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار وبدون حراثة ان ارتفاع النبات يتأثر بنوع المحراث المستخدم اذ بلغ ارتفاع النبات للحنطة 89.20 و 69.14 و 56.25 سم على التوالي.

وجد الكرخي والمعيني (2014) ان الحراثة بالامشاط القرصية في تربة مزيجية طينية غرينية أدت الى خفض ارتفاع النبات للذرة الصفراء بنسبة 10.08% مقارنةً بالحراثة بالمحراث المطرحي وعزيا سبب ذلك

الى دور الحراثة التقليدية بالمحراث المطرحي في تفكيك التربة وتحسين خواصها وزيادة المحتوى الرطوبي مما يساعد على انتشار الجذور وزيادة نمو المحصول. كما وجد (Taner et al. (2015 عند استخدام محراث مطرحي ومحراث دوراني وبدون حراثة في تربة مزيج رملية في منطقة شبه جافة ان الزراعة بدون حراثة تفوقت بأعلى ارتفاع للنبات ثم المحراث المطرحي ثم الدوراني اذ بلغ ارتفاع نبات الحنطة 51.58 و 42.44 و 43.72 سم على التوالي، وهذا يعود الى زيادة قابلية التربة على خزن الماء تحت نظام عدم الحراثة مما يوفر ظروف أفضل لنمو النبات.

بين محميد (2017) ان المحراث القرصي تفوق على الامشاط القرصية في ارتفاع نبات الحنطة بنسبة 4.65% نتيجة فعل المحراث القرصي في خفض الكثافة وزيادة المسامية والرطوبة. في حين وجد (Hedayatipoor and Alamooti (2020 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي لنوع المحراث على ارتفاع نبات الحنطة عند الحراثة بالمحراث المطرحي ومحراث مطرحي مع تنعيم ومحراث حفار وزراعة فقط في تربة مزيج طينية.

وجد الموسى (2020) في دراسة اجراها باستخدام محراث مطرحي وحفار ومشط قرصي في تربة مزيج طينية لاحظ ان المحراث الحفار سجل اعلى ارتفاع لمحصول الحنطة يليه المحراث المطرحي ثم الامشاط القرصية اذ بلغ 100.020 و 96.520 و 84.298 سم على التوالي، وعلل سبب ذلك الى تأثير المحراث الحفار ودوره في تحسين الخواص الفيزيائية للتربة مما سهل انتشار الجذور وامتصاص الماء والمغذيات من قبل النبات. كما وجد زيدان (2020) ان لنوع المحراث تأثير في ارتفاع النبات لمحصول الذرة الصفراء اذ تفوق المحراث الحفار على المحراث المطرحي في ارتفاع النبات وبنسبة 1.24% عند الحراثة في تربة ذات نسجة طينية غرينية. كما وجد (Gawęda and Haliniarz (2021 في دراسة للمقارنة بين الحراثة التقليدية وبدون حراثة في تربة مزيج رملية ان للحراثة دور في زيادة ارتفاع محصول الحنطة اذ بلغ للحراثة التقليدية وعدم الحراثة 82.7 و 20.2 سم على التوالي.

وجد (Nassir et al. (2023 في دراسة اجراها بأربع نظم حراثة هي محراث مطرحي مع مشط قرصي ومحراث حفار مع مشط قرصي ومرورين للمشط القرصي ومحراث دوراني، في تربة مزيج طينية غرينية ان للحراثة تأثير في صفة ارتفاع النبات لمحصول الشوفان اذ بلغ الارتفاع 87.91 و 95.92 و 102.30 و 71.26 سم للمعاملات على التوالي وعزوا سبب تفوق المعاملة الثالثة الى تحسن خواص التربة عند الحراثة بالأمشاط القرصية كما توصلوا الى ان بزيادة عمق الحراثة يزداد ارتفاع النبات نتيجة تحسن الخواص الفيزيائية للتربة مع العمق.

## 2.5. تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في بعض خصائص التربة

ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير في خصائص التربة الفيزيائية اذ تحدد نسبة الرطوبة مقدار التماسك في التربة وبالتالي مقدار تفكك التربة عند الحراثة، اذ وجد في تجربة باستخدام محراث حفار في تربة رملية بثلاث مستويات رطوبة 12 و 9 و 7% ان الكثافة الظاهرية تزداد بزيادة رطوبة التربة نتيجة زيادة وزن الجرار على التربة مما يزيد من كبس التربة بزيادة الرطوبة كما ان الكثافة الظاهرية تزداد بزيادة العمق عند قياس الكثافة الظاهرية على ثلاثة أعماق 10 و 20 و 30 سم، كما ان مقاومة التربة للاختراق تزداد بزيادة رطوبة التربة نتيجة زيادة وزن الجرار على التربة مما يزيد من كبس التربة بزيادة الرطوبة كما ان مقاومة التربة للاختراق تزداد بزيادة العمق عند قياس المقاومة على ثلاثة أعماق 10 و 20 و 30 سم (الهاشم والمديني، 2007).

وجد الجبوري (2011) ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير في بعض الخصائص الفيزيائية للتربة عند حراثة التربة بنوعين من المحارث مطرحي وحفار عند مستويين من الرطوبة 15 و 18% في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية اذ لاحظ ان حراثة التربة عند المستوى 18% قد أعطت أفضل نتائج لخصائص التربة اذ انخفضت كثافة التربة الظاهرية ومقاومة الاختراق وازدادت المسامية الكلية اذ بلغت 1.29 ميكا غرام م<sup>-3</sup> و 939 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> و 50.83% للخصائص على التوالي مقارنة بالمستوى 15% الذي سجل قيم بلغت 1.32 ميكا غرام م<sup>-3</sup> و 967 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> و 49.93% على التوالي.

وجد (Ahmadi and Ghaur 2015) في دراسة لتأثير رطوبة التربة عند الحراثة على الخصائص الفيزيائية للتربة بخمس مستويات رطوبة 12 و 15 و 17 و 19 و 21% وبثلاثة أعماق تربة 0-10 و 10-20 و 20-30 سم ان كثافة التربة الظاهرية تزداد بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة اذ بلغت 1.46 و 1.52 و 1.55 و 1.58 و 1.63 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي، في حين انخفضت الكثافة بزيادة العمق لتبلغ 1.59 و 1.55 و 1.51 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي. كما بين (Shittu et al. 2017) عند اجراء عملية الحراثة بأربع مستويات رطوبة تضمنت 13 و 14 و 16 و 19% في تربة مزيجة رملية انه لم يكن هنالك تأثير للرطوبة في الكثافة الظاهرية للتربة، بينما لاحظوا ان مقاومة التربة للاختراق قد تأثرت بالمحتوى الرطوبي للتربة عند الحراثة اذ سجل المحتوى الرطوبي 19% أكبر مقاومة للتربة اذ كان ترتيب المعاملات للمقاومة  $19\% < 13\% < 14\% < 16\%$ . وجد (Nassir 2018) في دراسة للمقارنة بين ثلاث أنواع من المحارث القلابة باختلاف نوع المطرحة بثلاث مستويات رطوبة للتربة 10.23 و 16.47 و 24.68% ان

رطوبة التربة 16.47% أعطت اقل كثافة ظاهرية اذ بلغت الكثافة للرطوبات الثلاث 1.36 و 1.16 و 1.20 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي وعلل سبب ذلك الى ان بزيادة الرطوبة يزداد التماسك والالتصاق مابين التربة والمعدن مما يقلل من تفتيت التربة وكذلك بانخفاض الرطوبة يزداد التماسك فيقل التفتيت، كما أعطت الرطوبة 16.47% اعلى مسامية بلغت 56.29% بينما كانت 54.90% و 48.56% عند الرطوبة 10.23 و 24.68% على التوالي، كما ان مقاومة التربة للاختراق تتأثر برطوبة التربة عند الحراثة اذ تفوقت الرطوبة 16.47% بأقل مقاومة للاختراق اذ بلغت مقاومة الاختراق 788.16 و 678.57 و 835.86 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> للرطوبات الثلاث على التوالي.

## 2.6. تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في صفات الحاصل

تؤثر رطوبة التربة عند الحراثة على خواص التربة الفيزيائية من كثافة ومسامية ومقاومة اختراق نتيجة تأثير الرطوبة على تماسك التربة وان هذه الخواص تؤثر على انتشار الجذور وتعمقها للوصول الى الماء والعناصر الغذائية في التربة وبالتالي تأثيرها على نمو النبات وانتاجيته، اذ وجد *Ahmadi and Ghaur* (2015) في دراسة لتأثير رطوبة التربة عند الحراثة على خصائص للتربة و صفات الحاصل للذرة الصفراء بخمس مستويات رطوبة 12 و 15 و 17 و 19 و 21% ان الوزن الجاف للذرة الصفراء تأثر بالمحتوى الرطوبي للتربة عند الحراثة اذ بلغ 0.89 و 0.92 و 0.89 و 0.88 و 0.75 كغم ه<sup>-1</sup>. كما وجد *Shittu et al.* (2017) في دراسة لحراثة التربة بأربع مستويات رطوبة 13 و 14 و 16 و 19% في تربة مزيجة رملية ان للرطوبة تأثير في انتاج الذرة الصفراء اذ تفوق المستوى 14% بأعلى حاصل بلغ 1.6 طن ه<sup>-1</sup> وبدون فارق معنوي مع 16% بينما سجل المستوى 13% اقل حاصل للذرة الصفراء.

## 2.7. استخدام التقانات الجيومكانية والاستشعار عن بعد في الحراثة

يعرف الاستشعار عن بعد على انه الحصول على معلومات حول جسم ما او ظاهرة معينة عن بعد دون ان يكون هنالك اتصال ما بين الجسم وجهاز الاستشعار، ويعتمد الاستشعار على وجود مستشعر مثبت على منصة مثل القمر الصناعي او طائرة او طائرة بدون طيار اذ يعمل المستشعر على قياس الاشعاع الكهرومغناطيسي الذي ينعكس من الهدف، وتعتمد المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المستشعر على خصائص الجهاز ومنصته مثل مدارات الأقمار الصناعية وحركة الطائرات سواء كانت طائرات بطيار او بدون طيار وموضع واتجاه جهاز الاستشعار الحقلية وخصائص العدسات البصرية وقدرات التخزين، كما تحدد مميزات المستشعر القدرات الطيفية والاتجاهية والدقة والوضوح ونسبة التشويش كما تتأثر عملية

الاستشعار بالإضاءة والظروف الجوية اثناء الحصول على البيانات لذلك لكي نتمكن من اكتشاف وقياس التغيرات على سطح الأرض يجب الاخذ بنظر الاعتبار خصائص المستشعر والظروف الجوية، واستخدم الاستشعار عن بعد في العديد من التطبيقات الزراعية اذ وفر الكثير من الوقت والجهد اذ وفر طريقة غير مدمرة لمراقبة الأراضي الزراعية والتنبؤ بإنتاج المحاصيل خلال موسم النمو وتحسين الإنتاج على المدى القصير (Weiss et al., 2020).

توصل *Kostic et al. (2016)* عند استخدام ثلاث أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار) بثلاث أعماق 15 و20 و25 سم في تربة مزيجة والتنبؤ بالخصائص الفيزيائية للتربة باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد الى ان نسبة الخطأ للتنبؤ بالصفات الفيزيائية للتربة بلغت 9.32% لمقاومة التربة للاختراق و3.34% للمحتوى الرطوبي للتربة و2.4% للكثافة الظاهرية وبلغت نسبة التطابق بين النتائج الحقلية وخرائط التنبؤ بالاستشعار بنسبة 72%. كما بين *Sharma et al. (2020)* في دراسة أجريت لاستخدام الاستشعار عن بعد لتقليل تكاليف المراقبة وسرعة تقييم عمليات الحراثة لمساحات واسعة باستخدام معادلات تنبؤية باستخدام التحليل التمييزي DA خلال فترات زمنية اذ تم اخذ صور من Landsat-TM5 وتم اخذ بيانات من USDA-NRCS لـ 48 موقع 20 منها حراثة تقليدية و28 بدون حراثة او حراثة حافظة واستخدم دليل اختلاف الحراثة الطبيعي NDTI وتم مقارنة DA مع الانحدار اللوجستي LR اذ توصلوا الى ان DA كان أفضل من LR في تصنيف الحراثة وكان استخدام NDTI فعال في تمييز نظم الحراثة.

أوضح *Beeson et al. (2020)* في دراسة أجريت في أمريكا لتحديد المناطق التي يستخدم فيها نظام الزراعة بدون حراثة وتغطية التربة ببقايا المحصول السابق باستخدام الاستشعار عن بعد باستخدام دليل NDTI اذ تم اخذ مرئيات فضائية من القمر الصناعي Landsat لفترة 10 سنوات ولمساحة 150,000 كم<sup>2</sup> وتمت مقارنة النتائج المتحصل عليها من بيانات الاستشعار مع البيانات الحقلية وجدوا ان دقة البيانات تراوحت بين 64-78%. وجد *Wang (2020)* عند دراسة لرسم خرائط تصنيفية لنظم الحراثة المتبعة في حقول بعض مناطق المكسيك لنظم الحراثة التقليدية وبدون حراثة لعام 2017 باستخدام بيانات الأقمار الصناعية Sentinel-2 و Sentinel-1 و Landsat7, 8 اذ لاحظ ان النتائج المتحصل عليها من Sentinel-2 كان اعلى دقة من بقية الأقمار الاصطناعية بنسبة دقة 72.95% وذلك بسبب الدقة التمييزية العالية للقمر ويمتلك عدد باندات أكبر مما يعطي دقة اعلى، كما بين إمكانية رسم خرائط تصنيفية لنظم الحراثة بشكل موثوق وعلى نطاق مكاني كبير وبدقة عالية.

لاحظ (Balážová et al. (2021) عند تقييم تأثير الحرائق بالمحراث المطرحي والامشاط القرصية في صنفين من الحنطة باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد باستخدام الطائرات بدون طيار المتعددة الاطراف ان مراقبة الحاصل بالطائرات بدون طيار أعطت نتائج واضحة للفروقات بين صنفى الحنطة تحت تأثير نظم الحرائق. وبين (Rebello and Nascimento (2021) خلال بحث اجري في البرتغال أهمية استخدام الطائرات بدون طيار عالية الدقة 3D للمقارنة بين مظهر الحرائق وحجم الكتل ما بين قبل وبعد الحرائق اذ بينوا أهمية استخدام الطائرات واهميتها في تقليل تكاليف العمل ومراقبة اعداد الأرض وخلال فترة قصيرة وبدقة عالية واهمية تقدير حجم الكتل بالصور 3D لتقدير الجريان السطحي وتقليل ضغط التربة الناتج عن الآلات. كما توصل (Zhou et al. (2021) عند دراسة لتصنيف الأراضي الزراعية ذات المساحات الصغيرة في مناطق انتاج الحبوب الرئيسية في الهند حسب نوع الحرائق المتبعة الى حرائق تقليدية وبدون حرائق وباستخدام بيانات القمر الصناعي Sentinel-2 وبيانات Google Earth وجدوا انه يمكن رسم خارطة تصنيفية للمنطقة لمعرفة نظام الحرائق المتبع في الحقول الصغيرة للمنطقة وبدقة تصل الى 75%.

في دراسة اجراها (Luotamo et al. (2022) لاستخدام المرئيات الفضائية في دراسة تأثير نظم الحرائق التقليدية والمنخفضة وبدون حرائق في المناطق ذات المساحات الصغيرة باستخدام بيانات SAR وMSI وباستخدام الأدلة الطيفية NDVI وNDTI لاحظوا ان هنالك تحسن كبير في دقة التصنيف من خلال الجمع بين بيانات SAR وMSI كما وجدوا ان MSI كان أكثر دقة من SAR تحت ظروف الدراسة، بينما كانت دقة تصنيف نظم الحرائق منخفضة نتيجة الظروف الجوية للمنطقة اذ كانت معرضة للثلوج. بين Li et al. (2023) في دراسة لإمكانية تصنيف منطقة شمال شرق الصين حسب نظام الحرائق المتبع وتحديد مناطق الزراعة الحافظة مكانياً وزمانياً باستخدام بيانات Sentinel-2 وبيانات Google Earth واستخدام دليل NDTI وبيانات التغطية ببقايا الذرة MRC اذ تم رسم خرائط للفترة من 2019-2022 وتم تحليل البيانات باستخدام ArcGIS وجد ان نتائج التحليل من May 30-20 قد حققت قيمة  $r = 0.902$  وقيمة  $R^2 = 0.8136$  ونسبة المناطق التي تتبع التغطية في عام 2022 هي 2.3% كما لاحظوا زيادة نسبة الحرائق الحافظة من 0.08% في عام 2019 الى 0.25% في عام 2022.

أجريت دراسة لقياس السرعة النظرية والعملية وقوة السحب ونسبة الانزلاق باستخدام نظام الكهروني يعمل على قياس الصفات المدروسة وتسجيلها وعرضها كهرونيّاً فضلاً عن إمكانية تسجيل مواقع اخذ العينات باستخدام GPS مما يتيح إمكانية رسم خرائط للتوزيع المكاني للخصائص المدروسة لنوعين من المحارث قرصي وحفار، وقد أظهرت النتائج ان للنظام الكهروني الامكانية العالية على قياس وتسجيل وعرض البيانات

ورسمها أنياً أثناء وقت العمل فضلاً عن وجود اختلافات بسيطة ما بين القيم المقاسة حقلياً والمقاسة بالمنظومة الالكترونية وهذا يدل على إمكانية استخدام هذه المنظومة في قياس مؤشرات الأداء بدقة وإنشاء قاعدة بيانات لمؤشرات الأداء بسهولة (Kushwah et al., 2024).

## 2.8. التكاليف الاقتصادية لعملية الحراثة

تعتبر التكاليف الاقتصادية عامل مهم في تقييم أداء الوحدة الميكانيكية إذ تعرف على أنها التكاليف الناتجة من تشغيل واستخدام الآلات والجرارات الزراعية، وان تقليل التكاليف الاقتصادية لعمليات الحراثة ينعكس إيجاباً على زيادة العائد من الإنتاج وان تقليل التكاليف يعتمد على فترة تشغيل الآلات وصيانتها وإدامتها وتشغيلها بكامل طاقتها (Poozesh et al., 2012). وتحسب التكاليف الاقتصادية اما على اساس الزمن (دينار ساعة<sup>-1</sup>) او على أساس المساحة (دينار هـ<sup>-1</sup>)، وتقسّم التكاليف الاقتصادية لتشغيل الوحدات الميكانيكية الى تكاليف ثابتة ومتغيرة وكلية، وتعرف التكاليف الثابتة على انها التكاليف التي لا تتغير باستخدام او عدم استخدام الآلة والجرار وتشمل تكاليف الإندثار والضرائب والتأمين والمأوى والفائدة على رأس المال، وتمثل التكاليف المتغيرة التكاليف التي تتأثر وتتغير بتشغيل الوحدات الميكانيكية إذ تزداد هذه التكاليف بزيادة تشغيل الآلة وتشمل تكاليف الوقود والزيوت والصيانة واجور العمال، اما التكاليف الكلية فتمثل التكاليف الثابتة والمتغيرة والمصاريف الإدارية لتشغيل الوحدة الميكانيكية (جاسم وآخرون، 2017 و Molenhuis, 2020).

توصل (Ribera et al. (2004 الى ان اجراء عمليات الحراثة التقليدية تؤدي الى زيادة التكاليف الكلية لإنتاج المحاصيل بنسبة 171.82% مقارنة بعدم الحراثة. ولاحظ (Jug et al. (2007 في دراسة أجريت لتقليل تكاليف انتاج الحنطة باستخدام نظم حراثة مختلفة تمثلت بحراثة تقليدية بالمحراث المطرحي وحراثة بالامشاط القرصية عدة مرات وحراثة بالمحراث الحفار والامشاط وحراثة بالامشاط القرصية مرة واحدة وبدون حراثة ان التكاليف الكلية تزداد بالمحراث المطرحي إذ بلغت التكاليف للمعاملات 808.94 و740.27 و766.33 و701.25 و645.22 يورو هـ<sup>-1</sup> على التوالي كما وجدوا ان اقل عائد كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي إذ بلغ 131.95 يورو هـ<sup>-1</sup> ثم تلتها معاملة بدون حراثة ثم الحفار ثم الامشاط عدة مرات ثم الامشاط مرة واحدة بلغت 200.31 و203.34 و229.40 و272.02 يورو هـ<sup>-1</sup> على التوالي.

توصل الطحان وحامد (2009) في دراسة للتكاليف الاقتصادية لاستخدام نظم الحراثة المتمثلة بمحراث مطرحي + تنعيم ومحراث حفار + تنعيم ومشط قرصي وبدون حراثة في موقعين في الموصل وصنفيين من

حاصل الحنطة الى ان نظم الحراثة كان لها تأثير معنوي في تكاليف الحراثة اذ وجد ان نظام الحراثة بالمحراث المطرحي سجل اعلى تكاليف للحراثة بلغت 29100 دينار هـ<sup>1</sup> بينما أعطت المعاملات الأخرى للحراثة بالمحراث الحفار والمشط القرصي وبدون حراثة تكاليف بلغت 17600 و 8100 و صفر دينار هـ<sup>1</sup>، كما لاحظنا ان المحراث المطرحي تفوق بأعلى اجمالي ايراد واجمالي تكاليف وصافي ايراد بلغ 618484.07 و 178946.57 و 4039537.5 دينار هـ<sup>1</sup> على التوالي ثم تلاه المحراث الحفار ثم المشط القرصي، وعزينا سبب زيادة تكاليف الإنتاج للمحراث المطرحي الى قلة عرضه الشغال وانخفاض سرعة العمل وزيادة استهلاك الوقود كما عزينا سبب زيادة الايراد الى تفوق المحراث المطرحي بتسجيل اعلى حاصل مما زاد قيمة الإيرادات.

لاحظ (Decker et al. (2009 ان للحراثة التقليدية دور في زيادة الحاصل وزيادة الإنتاج مما يزيد من العائد الكلي وتغطية تكاليف الانتاج مقارنة بعدم الحراثة. كما بين (Husnain et al. (2011 في دراسة أجريت في باكستان لحساب التكاليف الاقتصادية لنظم الحراثة (صفيرية ومنخفضة وتقليدية وعميقة) لمحصول الحنطة بعد حصاد الرز في تربة ذات نسجة مزيجة طينية ان التكاليف المتغيرة لنظم الحراثة بلغت 34293.79 و 36145.5 و 43556.47 و 37793.97 روبية هـ<sup>1</sup> على التوالي بينما بلغ صافي العائد 97351.03 و 79639.5 و 75316.03 و 85796.03 روبية هـ<sup>1</sup> على التوالي.

توصل (Khakbazan and Hamilton (2012 في دراسة لحساب العائد الصافي لنظم الحراثة الصفيرية والمنخفضة والتقليدية الى ان الحراثة التقليدية أعطت اعلى عائد بلغ 106 دولار هـ<sup>1</sup> بينما أعطت الحراثة المنخفضة والصفيرية عائد بلغ 96 و 80 دولار هـ<sup>1</sup> على التوالي. وجد (Akbarnia et al. (2013 عند اجراء عمليات الحراثة بنظم حراثة تقليدية بالمحراث المطرحي وحراثة منخفضة بالبادرة وبدون حراثة لإنتاج الحنطة ان التكاليف الكلية للإنتاج كانت اعلى للحراثة التقليدية اذ بلغت التكاليف الكلية للإنتاج 109 و 78 و 46 دولار هـ<sup>1</sup> على التوالي.

بين (Jabran and Aulakh (2015 في دراسة باستخدام أربعة نظم حراثة تمثلت بالتقليدية والمنخفضة والعميقة والصفيرية في تربة مزيجة رملية في باكستان ان الحراثة الصفيرية أعطت اعلى عائد كلي للحنطة بلغ 558.07 دولار هـ<sup>1</sup> بينما أعطت المعاملات التقليدية والمنخفضة والعميقة عائد بلغ 445.31 و 535.38 و 507.63 دولار هـ<sup>1</sup> على التوالي. وفي دراسة اجراها جاسم وجبر (2015) باستخدام محراث حفار ومطرحي قلاب وقرصي في تربة مزيجة طينية غرينية لدراسة التكاليف الكلية للمحراث ولموسمين توصلنا الى ان المحراث الحفار تفوق بتسجيل اقل تكاليف كلية بلغت 16866.02 دينار هـ<sup>1</sup> بينما كانت

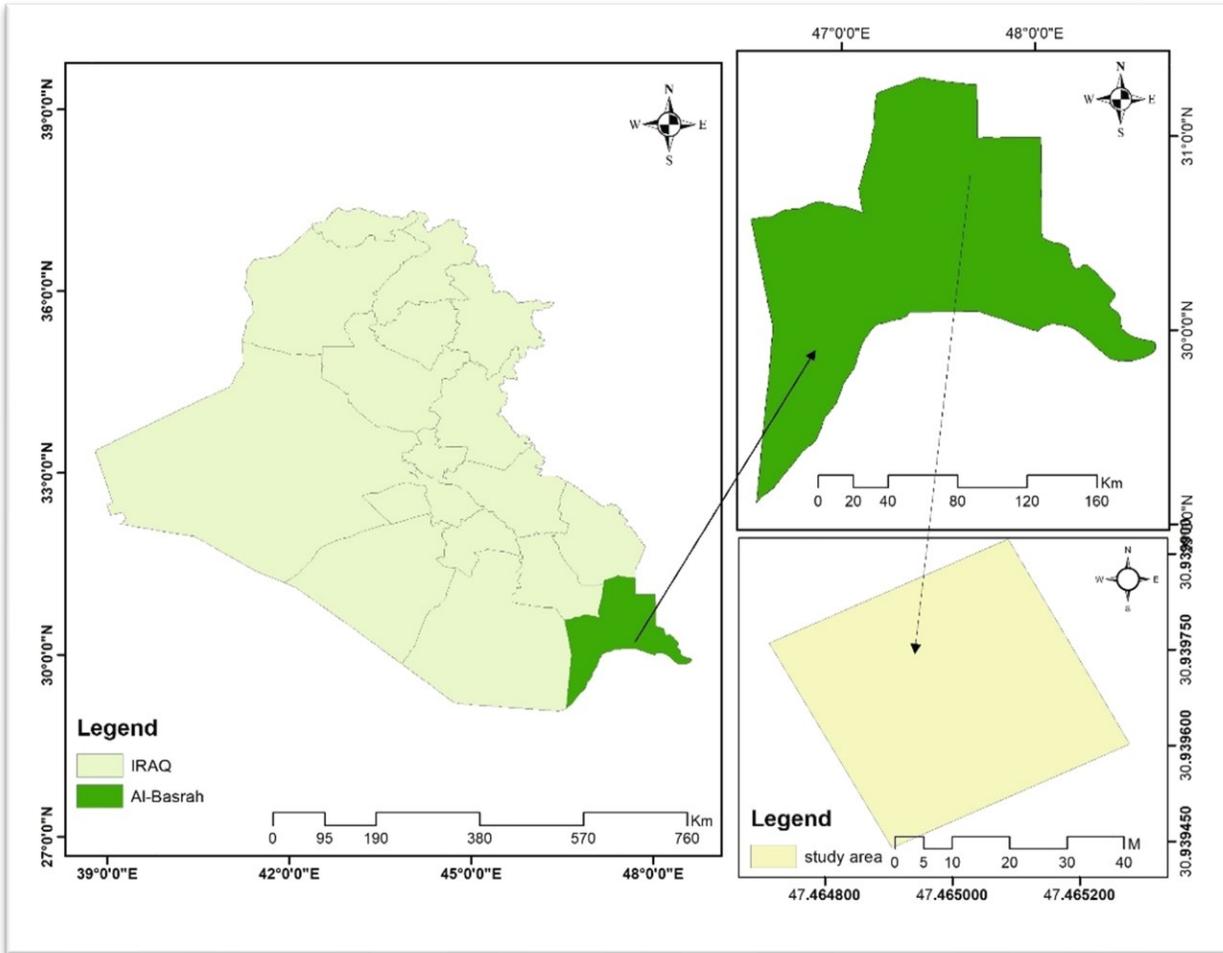
اعلى تكلفة حراثة عند استخدام المحراث القرصي بلغت 34916.05 دينار هـ-1 في حين بلغت تكاليف استخدام المحراث المطرحي 31274.03 دينار هـ-1 ويعود سبب تفوق المحراث الحفار الى انخفاض التكاليف الثابتة وزيادة الإنتاجية العملية مقارنةً بالمحراث الأخرى. لاحظ ملي (2016) ان اجراء عمليات الحراثة في تربة مزيجة طينية في الحسكة في سوريا كان له تأثير في التكاليف الكلية للحراثة لزراعة محصول الحنطة اذ استخدم أربع نظم حراثة تضمنت محراث حفار وزراعة ومحراث مطرحي ومشط قرصي اذ لاحظ ان المحراث المطرحي اعطى اعلى تكاليف كلية لعملية الحراثة ثم المحراث الحفار ثم الامشاط بينما أعطت الزراعة اقل تكاليف كلية اذ بلغت 853.90 و 255.53 و 220.48 و 196.36 ليرة سورية هـ-1 على التوالي وعزا سبب تفوق الزراعة بأقل تكاليف الى انتاجيتها العالية وقلة استهلاك الوقود مقارنةً بنظم الحراثة الأخرى. كما بين (Shahzad et al. (2017) في دراسة أجريت في باكستان في تربة طينية غرينية لحساب التكاليف الكلية والعائد الكلي باستخدام نظم حراثة مختلفة في زراعة محصول الحنطة اذ استخدموا نظام بدون حراثة وحراثة تقليدية وحراثة عميقة اذ وجدوا ان التكاليف الكلية اختلفت باختلاف نظام الحراثة اذ بلغت التكاليف الكلية 1476 و 1541 و 1556 دولار هـ-1 على التوالي بينما بلغ العائد الكلي 1493 و 2236 و 2403 دولار هـ-1 على التوالي.

في دراسة اجراها (Calcante and Oberti (2019) في إيطاليا لدراسة التكاليف الاقتصادية لنظم الحراثة في تربة ذات نسجة مزيجة باستخدام حراثة تقليدية ومنخفضة وبدون حراثة وجدا ان التكاليف الكلية انخفضت بالحراثة المنخفضة وبدون حراثة بنسبة 16 و 19% على التوالي مقارنةً بالحراثة التقليدية. بين (Holka and Bieńkowski (2020) في دراسة لتأثير نظم الحراثة في التكاليف الاقتصادية لإنتاج الذرة الصفراء باستخدام حراثة تقليدية على عمق 25-30 سم وحراثة منخفضة على عمق 10-20 سم وبدون حراثة ان الحراثة التقليدية تحتاج تكاليف اعلى من نظم الحراثة الأخرى اذ بلغت التكاليف الكلية لنظم الحراثة 675.6 و 577.0 و 565.6 يورو هـ-1 على التوالي. أوضح (Martin-Gorriz et al. (2020) ان التكاليف الاقتصادية تختلف باختلاف نظم الحراثة المتمثلة بالحراثة التقليدية والمنخفضة وبدون حراثة اذ لاحظوا ان الحراثة المنخفضة والصفيرية خفضت من التكاليف المتغيرة بنسبة 4 و 10% مقارنةً بالحراثة التقليدية على التوالي، كما لاحظوا ان الحراثة التقليدية أعطت اعلى عائد كلي بلغ 2781.17 يورو هـ-1 بينما بلغ العائد للحراثة المنخفضة والصفيرية 2728.61 و 854.95 يورو هـ-1 على التوالي.

### 3. المواد وطرائق العمل Materials and methods

#### 3.1. موقع منطقة الدراسة Study area location

تم تنفيذ التجارب الحقلية (الزراعية والميكانيكية) المطلوبة في الدراسة في منطقة الغميح التابعة لقضاء القرنة شمال محافظة البصرة والتي تقع جغرافياً عند خطي طول  $47.464800^{\circ}$  و  $47.465200^{\circ}$  شمالاً ودائرتي عرض  $30.939450^{\circ}$  و  $30.939900^{\circ}$  شرقاً (شكل 1)، في تربة ذات نسجه مزيجه طينية بمساحة  $6400 \text{ م}^2$  ( $80 \times 80 \text{ م}$ ) صنفت الارض على إنها Fine Silty, Mixed, active Calcareous , hyperthermic, Typic Torrfluvents (العطب، 2008).



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

### 3.2. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الأولية للتربة المستخدمة في التجارب

تم قياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية الأولية لتربة الحقل المستخدمة في الدراسة وبثلاث مكررات وللأعماق 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

#### Particle size distribution of soil

اجري التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الماصة (Pipette method) وحسب الطريقة الموصوفة في Black (1965).

### 3.2.2. كثافة التربة الظاهرية ( $\rho_b$ )

تم قياس الكثافة الظاهرية للتربة بأخذ عينات غير مثارة بطريقة الأسطوانة (Core sampler) وجفت عينات التربة في الفرن على درجة حرارة 105°م ولحين ثبوت الوزن وحسبت الكثافة الظاهرية من المعادلة (1) وحسب الطريقة الموصوفة من قبل Black (1965).

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

إذ أن:

$\rho_b$  = الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

$M_s$  = كتلة الدقائق الصلبة (ميكا غرام)

$V$  = الحجم الكلي للتربة ويمثل حجم الاسطوانة (م<sup>3</sup>)

### 3.2.3. الكثافة الحقيقية ( $\rho_s$ )

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

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

إذ أن:

$$\rho_s = \text{الكثافة الحقيقية للتربة (ميكا غرام م}^{-3}\text{)}$$

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

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

### 3. 2. 4. المسامية الكلية (f) Total porosity

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

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

إذ أن:

$$f = \text{المسامية الكلية } \%$$

$$\rho_b = \text{الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م}^{-3}\text{)}$$

$$\rho_s = \text{الكثافة الحقيقية للتربة (ميكا غرام م}^{-3}\text{)}$$

### 3. 2. 5. المحتوى الرطوبي للتربة (Pw) Soil moisture content

تم قياس المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية على أساس الوزن الجاف وذلك بأخذ عينات التربة من الحقل بواسطة أسطوانة (Core sampler) ووزنت ثم جففت بالفرن على درجة حرارة 105° م لحين ثبوت الوزن، حسبت النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف من المعادلة (4) وحسب الطريقة الموصوفة في Black (1965).

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

إذ أن:

$$P_w = \text{النسبة المئوية لرطوبة التربة على أساس الكتلة الجافة (\%)}$$

$$M_w = \text{كتلة الرطوبة في التربة (غم)}$$

$Ms$  = كتلة الدقائق الصلبة الجافة (غم)

### 3. 2. 6. مقاومة التربة للاختراق (CI) Soil penetration resistance

استخدام جهاز Penetrologger الالكتروني الحقلي والموصوف في الملحق (1) هولندي المنشأ من قبل شركة Eijkelkamp Agrisearch Equipment، لقياس مقاومة التربة للاختراق (CI) اذ يقوم بقياس قراءة لكل 1 سم وذلك بتسليط ضغط مستمر على الجهاز باتجاه عمودي لدفع المخروط داخل التربة للأعماق 0-15 و 15-30 سم وبثلاث مكررات لكل مستوى رطوبي مع تخزين القراءات في الجهاز اذ يحسب دليل المخروط (CI) بوحدته الكيلو باسكال من المعادلة (5) المذكورة في Gill and Vandenberg (1968) ثم تم تحويلها الى كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> والنتائج موضحة في جدول (2).

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

إذ أن:

Cone Index(CI) = دليل المخروط (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>).

Penetration Force = قوة الاختراق (كيلو نيوتن).

Cone Base Area = مساحة قاعدة المخروط (م<sup>2</sup>).

### 3. 2. 7. المادة العضوية Organic matter

تم قياس المادة العضوية وذلك بالأكسدة بواسطة 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ثم التسحيح بكبريتات الحديدوز الأمونياكية للحصول على الكربون العضوي وتم حساب المادة العضوية بضرب قيمة الكربون العضوي في 1.724 حسب طريقة Walkley- Black المذكورة في Page et al. (1982).

### 3. 2. 8. معادن الكربونات carbonate minerals

قيست الكربونات الكلية حسب الطريقة الموصوفة في Jackson (1958) بالتسحيح مع NaOH (1N) بعد إضافة HCL 1N واستخدام دليل الفينولفتالين.

### 3. 2. 9. Soluble cations and anions الموجبة والسالبة الذائبة

تم تقدير الايونات السالبة والموجبة الذائبة بالحصول على مستخلص راشح تربة (1:1) إذ قُدر الكالسيوم  $Ca^{+2}$  والمغنيسيوم  $Mg^{+2}$  بطريقة التسحيح مع N0.01 من  $Na_2-EDTA$ . وقدر البوتاسيوم  $K^+$  والصوديوم  $Na^+$  باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) ، وقدرت الكلوريدات  $Cl^-$  بالتسحيح مع N0.05 من نترات الفضة  $AgNO_3$  تم تقدير هذه الايونات حسب ما وصفها Jackson, (1958) الواردة في (Page et al. (1982). وقدرت الكربونات  $CO_3^{=}$  والبيكاربونات  $HCO_3^-$  بطريقة التسحيح مع N0.01 من حامض الكبريتيك وكما وصفها Richards(1954) ، كما قدرت الكبريتات  $SO_4^{-2}$  بطريقة العكارة باستخدام جهاز (Spectro photometer) وحسب الطريقة الموصوفة في Page et al. (1982).

### 3. 2. 10. الإيصالية الكهربائية (EC)

تم قياس الإيصالية الكهربائية بوحدة ديسيمنز م<sup>-1</sup> للتربة في راشح تربة (1:1) باستخدام جهاز EC-Meter نوع WTW حسب الطريقة المذكورة في Page et al. (1982).

### 3. 2. 11. درجة التفاعل (pH)

تم قياس 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. 12. النيتروجين الجاهز Available nitrogen

تم تقدير النيتروجين الجاهز بطريقة الاستخلاص بمحلول 2M KCl حسب ما جاء في Bremner and Keeney (1966) وقدر بالتقطير بالبخار حسب طريقة (Bremner and Edwards (1965).

### 3. 2. 13. الفسفور الجاهز Available phosphorous

تم الاستخلاص بمحلول  $NaHCO_3$  M0.5 بحسب طريقة (Murphy and Riley (1962) وتم تقديره بطريقة اللون الأزرق باستخدام جهاز Spectrophotometer عند طول موجي 700 نانو متر كما ورد في Page et al. (1982).

### 3. 2. 14. قياس التماسك للتربة Measurement of soil Cohesion

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 (Torqumeter). أجريت عملية القياس بدفع القرص المعدني باتجاه سطح التربة بصوره عمودية لغرض غرز الزوائد الشعاعية فيها، دور القرص بواسطة ذراع مقياس العزم (Torqumeter) حتى انهيار التربة بين الزوائد، وعند لحظة الانهيار تم قياس العزم المطلوب لقص التربة. أجريت التجارب باستخدام أوزان مختلفة وهي (6.85 و 9.14 و 11.42 و 13.98 و 16.27) كغم، وضعت الأوزان على القرص المعدني وكررت العملية ثلاث مرات لمستويات الرطوبة المدروسة. حُسب أجهاد قص التربة من المعادلة (6) والمأخوذة من Gill and Vandenberg (1968).

$$\tau = \frac{3m}{2\pi r^2} \quad (6)$$

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 (7).

$$\sigma = \frac{Q}{A_1} \quad (7)$$

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 والنتائج موضحة في جدول (2).

### 3. 2. 15. قياس الالتصاق ما بين التربة والمعدن

#### Measurement of adhesion between soil and metal

تم قياس الالتصاق وزاوية الاحتكاك بين التربة والمعدن باستخدام جهاز Sled test والموصوف في الملحق (4). يتكون الجهاز من قطعه معدنية طولها 25.5 سم وعرضها 21 سم وسمكها 1 سم مساحة تلامس سطحها من الأسفل المستوي مع التربة 535.5 سم<sup>2</sup>. وزنها 0.538 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 (2.82 و 5.11 و 7.67 و 9.96) 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 وللمستويات الرطوبة الأربعة الداخلة في التجربة.

تم حساب الإجهاد الأفقي المطلوب لسحب القطعة المعدنية من المعادلة (8) والمأخوذة من قبل Gill and Vandenberg (1968).

$$\tau_\alpha = \frac{F_1}{A_2} \quad (8)$$

إذ أن:

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

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

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

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

$$\sigma_a = \frac{Q_1}{A_2} \quad (9)$$

إذ أن:

$\sigma_a =$  الاجهاد العمودي (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

$Q_1 =$  الوزن المسلط على التربة (وزن الجهاز + الوزن المضاف) (كيلو نيوتن)

$A_2 =$  مساحة تلامس القطعة المعدنية مع التربة (م<sup>2</sup>)

رسمت العلاقة بين الإجهاد الأفقي والإجهاد العمودي وكما مبينه في الملحق (5) وحسب الالتصاق بين التربة والمعدن والنتائج موضحة في جدول (2).

### 3. 2. 16. حدود اللدانة

#### 3. 2. 16. 1. حد الانكماش Shrinkage Limit

تم قياس حد الانكماش باستخدام جهاز mold الموضح في الملحق (6) وحسب الطريقة الموصوفة في Black (1965)

#### 3. 2. 16. 2. حد اللدانة Plastic Limit

تم قياس حد اللدانة كنسبة مئوية للرطوبة وحسب الطريقة الموصوفة في Black (1965)

#### 3. 2. 16. 3. حد السيولة Liquid Limit

تم قياس حد السيولة باستخدام جهاز Casa Grande الموضح في الملحق (7) وحسب الطريقة الموصوفة في Black (1965)

جدول (1) الخصائص الأولية لتربة الحقل

| عمق التربة (سم) |        |        | الخصائص                       |                   |
|-----------------|--------|--------|-------------------------------|-------------------|
| 30-45           | 15-30  | 0-15   |                               |                   |
| 242.5           | 254.7  | 288.9  | sand                          |                   |
| 328.5           | 322.9  | 305.3  | silt                          |                   |
| 412.1           | 398.7  | 385.7  | clay                          |                   |
| مزيجه طينية     |        |        | gm kg <sup>-1</sup>           | النسجة            |
| 2.67            | 2.65   | 2.73   | Mg m <sup>-3</sup>            | الكثافة الحقيقية  |
| 4.35            | 5.72   | 7.46   | gm kg <sup>-1</sup>           | المادة العضوية    |
| 128.24          | 146.39 | 239.56 | gm kg <sup>-1</sup>           | الكاربونات الكلية |
|                 | 14.1   |        | %                             | حد التقلص         |
|                 | 31.67  |        | %                             | حد اللدانة        |
|                 | 54.5   |        | %                             | حد السيولة        |
| 7.79            | 7.74   | 7.4    | PH                            |                   |
| 6.33            | 7.84   | 9.57   | Ca <sup>++</sup>              |                   |
| 4.56            | 6.87   | 8.34   | Mg <sup>++</sup>              |                   |
| 0               | 0      | 0      | CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> |                   |
| 1.34            | 1.88   | 2.61   | HCO <sub>3</sub>              |                   |
| 2.09            | 4.24   | 5.36   | SO <sub>4</sub>               |                   |
| 21.84           | 25.12  | 27.42  | Cl                            |                   |
| 12.97           | 14.96  | 16.59  | Na <sup>+</sup>               |                   |
| 0.23            | 0.36   | 0.48   | K <sup>+</sup>                |                   |
| 11.52           | 16.22  | 17.86  | mg kg <sup>-1</sup>           | N                 |
| 16.98           | 19.74  | 24.36  | mg kg <sup>-1</sup>           | P                 |
|                 | 2.77   |        | EC dS m <sup>-1</sup>         | مياه الري         |
|                 | 7.05   |        | PH                            |                   |

والجدول (2) يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للمستويات الرطوبة المستخدمة في التجربة.

جدول (2) بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لمعاملات رطوبة التربة

| الالتصاق<br>kN m <sup>-2</sup> | التماسك<br>kN m <sup>-2</sup> |       | الايصلية الكهربائية<br>ds m <sup>-1</sup> |       | مقاومة الاختراق<br>kN m <sup>-2</sup> |      | الكثافة الظاهرية<br>Mg m <sup>-3</sup> |      | الرطوبات<br>% |
|--------------------------------|-------------------------------|-------|---|-------|---------------------------------------|------|--|------|---------------|
|                                | 15-30                         | 0-15  | 15-30                                     | 0-15  | 15-30                                 | 0-15 | 15-30                                  | 0-15 |               |
| 0.087                          | 10.78                         | 10.70 | 14.96                                     | 14.98 | 1800                                  | 1700 | 1.44                                   | 1.42 | 7             |
| 0.126                          | 6.99                          | 5.34  | 7.55                                      | 13.3  | 1333                                  | 1200 | 1.25                                   | 1.11 | 14            |
| 0.136                          | 8.75                          | 7.71  | 7.36                                      | 10.71 | 1133                                  | 1066 | 1.28                                   | 1.24 | 22            |
| 0.304                          | 9.92                          | 9.58  | 9.03                                      | 3.66  | 851                                   | 820  | 1.45                                   | 1.35 | 28            |

### 3.3. التجربة الميكانيكية Mechanical experiment

تضمنت التجربة الميكانيكية العوامل الآتية:

#### 3.3.1. عامل الحراثة

- أ- حراثة تقليدية باستخدام المحراث المطرحي القلاب (MB).
- ب- حراثة تقليدية باستخدام المحراث الحفار (CH).
- ت- حراثة تقليدية باستخدام المحراث القرصي (DP).

#### 3.3.2. مستويات الرطوبة عند الحراثة

- أ- رطوبة التربة عند الحالة الجافة 7% (M1).
- ب- رطوبة التربة عند الحالة الهشة 14% (M2).
- ت- رطوبة التربة عند الحالة اللدنة 22% (M3).
- ث- رطوبة التربة عند الحالة البلاستيكية 28% (M4).

#### 3.3.3. السرعة الامامية للجرار

- أ- 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> (SP1).
- ب- 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup> (SP2).
- ت- 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> (SP3).

#### 3.3.4. عمق الحراثة

- أ- 15 سم (D1).
- ب- 20 سم (D2).
- ت- 25 سم (D3).

### 3. 5. الأجهزة والآلات المستخدمة في التجربة الميكانيكية

## Devices and machines used in the mechanical experiment

### 3. 5. 1. الجرار MF 285 G

الجرار MF285G تركي الصنع مزود بمحرك رباعي الأسطوانات رباعي الأشواط يعمل بوقود الديزل يولد دفع بإطاراته الخلفية (2WD) قدرته التصميمية 56 كيلو واط، استخدم الجرار لشبك آلة الحراثة من خلال الجهاز الهيدروليكي للتحكم بعمق الاله. وضع صندوق سرعة الجرار على الحياض وترك محركه يعمل لغرض تشغيل الجهاز الهيدروليكي دون أن يكون للجرار أي دور في عملية سحب آلة الحراثة.

### 3. 5. 2. الجرار CASE JX75T

الجرار CASE JX75T هندي الصنع مزود بمحرك رباعي الأسطوانات رباعي الأشواط يعمل بوقود الديزل يولد دفع بإطاراته الخلفية (2WD) قدرته التصميمية 55 كيلو واط. استخدم الجرار CASE JX75T لسحب الجرار MF285G والآلة المربوطة عليه بواسطة سلك معدني مرن.

### 3. 5. 3. المحراث المطرحي القلاب Moldboard plow

استخدم محراث مطرحي قلاب معلق عراقي المنشأ من تصنيع الشركة العامة للصناعات الميكانيكية، يتكون المحراث من ثلاثة ابدان (أسلحة) مطارحه من النوع المهذبة، عرض القطع للسلاح الواحد 33 سم والعرض الشغال التصميمي الكلي للمحراث 100 سم وزور المحراث 55 سم.

### 3. 5. 4. المحراث الحفار Chisel plow

استخدم محراث حفار معلق عراقي المنشأ مصنع من قبل الشركة العامة للصناعات الميكانيكية، يتكون من 11 سلاح من نوع لسان العصفور ذو نهاية مدببة من الجهتين، يحتوي على ثلاث صفوف من الأسلحة ثلاثة أسلحة في الصف الأول وأربعة أسلحة في الصف الثاني وأربعة أسلحة في الصف الثالث، المسافة بين صف وآخر 30 سم، العرض الشغال التصميمي الكلي للمحراث 220 سم، زور المحراث 30 سم.

### 3. 5. 5. المحراث القرصي القلاب Disk plow

استخدم محراث قرصي إنكليزي المنشأ من النوع المعلق يتكون من ثلاثة أقراص زاوية القرص 45 درجة وزاوية ميل القرص 25 درجة وعرضه الشغال التصميمي 100 سم وارتفاع المحراث 90 سم.

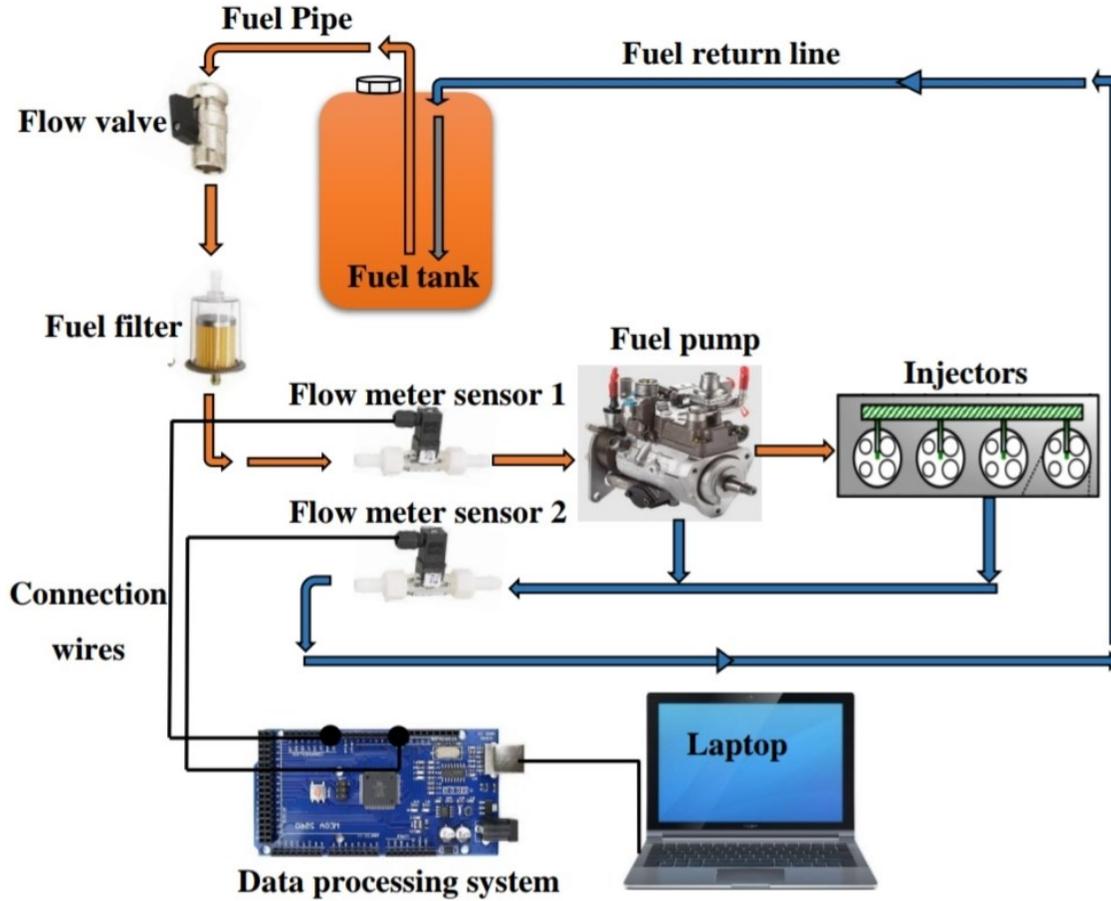
### 3. 5. 6. جهاز قياس قوة السحب (الخلية الوزنية) Load cell

استخدم جهاز الخلية الوزنية الإلكتروني (Load cell) والموصوف في الملحق (8) لقياس متطلبات قوة السحب لألة الحراثة المستخدمة في التجارب الحقلية. الجهاز من موديل H3-C3-3.0t-6B-D55 اقصى حمل له 30 كيلو نيوتن مصنع من قبل شركة ZEMIC. يربط مع الخلية الوزنية جهاز كمبيوتر محمول (Laptop) بواسطة سلك توصيل البيانات USB لتسجيل و تخزين البيانات المقاسة وفق برنامج الكتروني مخصص لهذا الغرض.

### 3. 5. 7. جهاز قياس معدل استهلاك الوقود

#### Fuel consumption measurement device

استخدم جهاز قياس استهلاك الوقود للجرار CASE JX75T يتكون الجهاز من خزان صغير وانايبب وفلتر وقود وحساسين Flow meter sensor يقيسان التصريف بدقة 0.1-0.25 لتر دقيقة-1، يعمل الحساس الأول على حساب كمية الوقود الداخلة الى مضخة الوقود في الساحة والقادم من خزان الجهاز والحساس الاخر يحسب كمية الوقود الراجع الى الخزان كما موضح في الملحق (9)، مبدأ عمل الجهاز هو حساب كمية الوقود النازل من خزان الجهاز الى مضخة الوقود من خلال نبضات يتم معالجتها باستخدام معالج البيانات (الاردوينو) وحساب كمية الوقود الراجع لخزان الجهاز من خلال الحساس الاخر وان الفرق بين قيم الحساسين للوقود الداخل لمضخة الوقود والراجع للخزان يمثل كمية الوقود المستهلكة والتي تحسب من خلال الاردوينو كما موضح في الشكل (2).



شكل (2) مخطط طريقة عمل جهاز قياس استهلاك الوقود

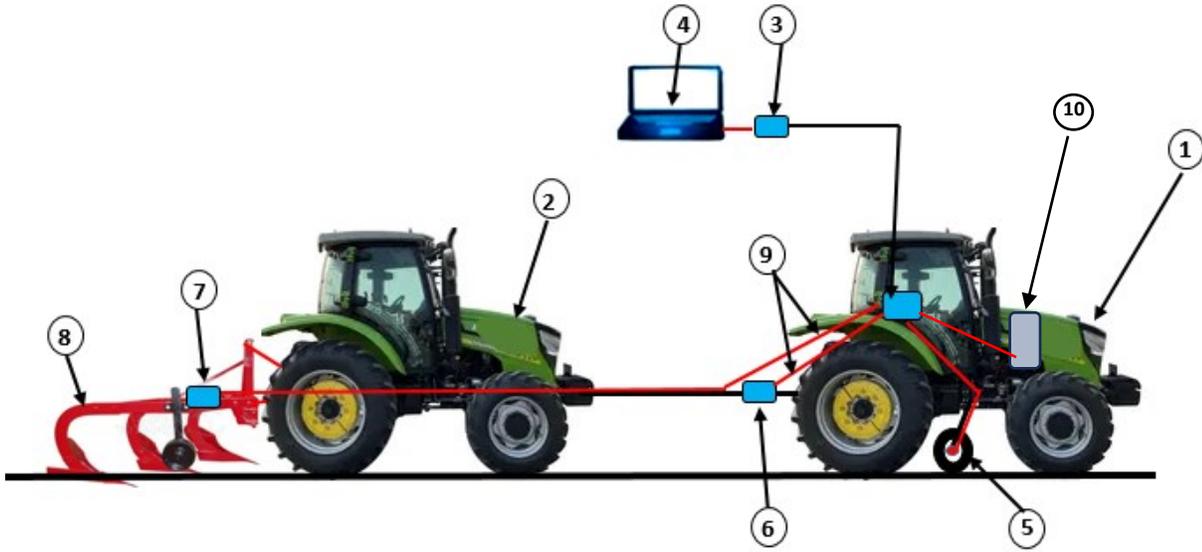
3. 6. مكونات المنظومة الالكترونية المستعملة في قياس بعض المؤشرات الميكانيكية في التجربة

3. 6. 1. وحدة تجميع البيانات ومعالجتها

### The data collection and processing unit

تتكون وحدة تجميع البيانات من متحكمة الكترونية وهي عبارة عن Arduino (لوحة الكترونية) من نوع ATmega 2560 يتصل بها جهاز كمبيوتر محمول (Laptop) عن طريق منفذ USB، تكون اللوحة الالكترونية Arduino موضوعة في علبة من الفايبركلاس وتوصل اليها الاسلاك والمخارج لكل المتحسسات وتزود بكود برمجي مناسب وتوضع في الساحة الأولى قرب المشغل لمراقبة عملية القياس عن طريق الكمبيوتر المحمول.

Arduino من نوع ATmega 2560 إيطالي المنشأ عبارة عن لوحة إلكترونية متحكمات تحتوي على 54 منفذ ادخال وإخراج رقمي يستخدم 16 مدخل تناظريا، 15 منها يستخدم كمخرجات PWM، و4 منافذ UART (منافذ تسلسلية للأجهزة) ، ومذبذب كريستالي 16 ميغا هرتز ، ووصلة USB ، ومدخل طاقة ، وزر إعادة الضبط. ويحتوي على كل ما يلزم لدعم المتحكم الدقيق، يتم توصيلها بجهاز كمبيوتر باستخدام كبل USB ويتم تشغيله بمحول تيار متردد إلى تيار مستمر أو بطارية لتبدأ بجهد إمداد 5 فولت. والملحق رقم (10) يوضح تفاصيل المتحكمات Arduino. تستقبل هذه الوحدة البيانات من المستشعرات وترسلها الى لوحة Arduino ويتم قياس كل من قوة السحب، السرعة النظرية، والسرعة العملية، عمق الحراثة واستهلاك الوقود وتعرض بنفس الوقت البيانات على جهاز الكمبيوتر من خلال نافذة برنامج Arduino. يوضح الشكل رقم (3) طريقة جمع البيانات من المستشعرات وأماكن ربطها. ثم بعدها يتم تخزين هذه البيانات على ملف اكسل لغرض حفظ البيانات و اجراء تحليلها فيما بعد.



شكل (3) مخطط للمنظومة والمعدات والأدوات المستخدمة في التجربة وتتكون من الأجزاء التالية:  
1-الجرار الرئيسي 2-الجرار المساعد 3-وحدة معالجة جمع البيانات ومعالجتها 4-حاسوب محمول  
5-العجلة الخامسة 6-خلية الحمل load cell 7-قياس عمق الحراثة Ultrasonic 8-الالة  
الزراعية 9 – اسلاك التوصيل 10- جهاز قياس استهلاك الوقود

### 3. 6. 2. السرعة النظرية Theoretical speed

استخدمت العجلة الخامسة وحساس Encoder Sensor لقياس السرعة النظرية للساحبة، إذ تم ربط العجلة على الساحبة الأولى CASE JX75T وتم إيصال حساس Encoder الى وحدة تجميع البيانات الموجودة قرب السائق عن طريق سلك وكما هو موضح في الشكل رقم (3). وهذه التقنية عبارة عن عجلة ذات محيط 1250 ملم حرة الحركة ومسننات عدد 2، المسنن الأول يحتوي على 21 سن مثبت على مركز محور العجلة والثاني يحتوي على 8 سن مثبت على محور الحساس Encoder وحساس Encoder من نوع (South Korea،Autonics) الذي يقوم بتوليد 360 نبضة لكل دورة لمحور الحساس وكما موضح تفصيله في ملحق رقم (11).

تثبت العجلة على هيكل تم تصنيعه في ورشة قسم المكنات والآلات الزراعية في كلية الزراعة -جامعة البصرة ويثبت الهيكل على الساحبة بشكل مفصلي بحيث يسمح للعجلة بتجاوز العوائق الموجودة في الحقل اثناء العمل (ملحق 12)، تم حساب نسبة الدوران بين التروس وكانت تبلغ 2.625 أي ان كل دورة للمسنن الكبير فان المسنن الصغير سوف يدور حوالي دورتين ونصف. وبما ان المسنن الصغير يربط على محور الحساس Encoder فان المحور سوف يدور بنفس دوران المسنن الصغير وبما ان كل دورة للحساس مقداره 360 نبضة فان عدد النبضات سوف تكون  $(360 \times 2.625)$  وتساوي 945 نبضة لدورة واحدة للعجلة. وبتقسيم المسافة التي تقطعها العجلة لكل دورة واحدة والتي تمثل محيط العجلة (1250 ملم) على عدد النبضات (945 نبضة) فأنها سوف تعطي نتيجة 1.32 ملم لكل نبضة، أي ان كل نبضة تمثل 1.32 ملم من حركة العجلة، وبالتالي فان المسافة المقطوعة سوف تكون معلومة وعند ادخال هذه المعلومات الى وحدة معالجة البيانات مع تحديد الزمن المقطوع فأنها سوف تعطي السرعة النظرية جاهزة وبوحدة متر/ثانية.

تم الحصول على السرعة النظرية للساحبة من خلال السير بالساحبة وهي غير محملة على ارض مبلطة لكي تكون نسبة الانزلاق شبة معدومة. تم تحديد سرعة المحرك وهي 1500 دورة /دقيقة وهي السرعة الدورانية لأداء أفضل للمحرك وتغيير سرع سير الجرار من خلال التحكم في عتلة صندوق السرع لاختيار التعشيق التروس للسرعة النظرية المطلوبة وتم القياس بثلاث مكررات لكل تعشيق لصندوق التروس.

### 3. 6. 3. السرعة العملية Actual speed

قيست السرعة العملية للجرار باستخدام العجلة الخامسة المستخدمة في قياس السرعة النظرية ولكن هنا يتم استخدامها في الحقل اثناء العمل بأجراء التجربة اذ تكون الساحة في حالة التحميل على نقاط الشبك الثلاثة (اللة الحراثة مربوطة بالساحة) وتكون تربة الحقل غير مستقرة مما يؤدي الى اختلاف في السرعة العملية عن السرعة النظرية نتيجة وجود نسبة انزلاق في عجلات الدفع وبهذه الحالة سوف تسجل وحده جمع البيانات السرعة العملية الفعلية المطلوبة لإنجاز العمل.

### 3. 6. 4. عمق الحراثة Tillage depth

استخدمت تقنية الموجات فوق الصوتية باستخدام حساس نوع Ultrasonic لقياس عمق الحراثة للمحراث المستخدم كما هو موضح في الشكل (4). أساس عمل الحساس هو قياس الموجات فوق الصوتية المنبعثة من الحساس لتصطدم بجسم ما ثم ترتد باتجاه المستقبل الذي يقوم بقياس زمن الارتداد، وبمعرفة زمن الذهاب والإياب للموجة يقوم بتحديد البعد بين المتحسس والجسم المصطدم به ويحسب باستخدام المعادلة رقم (10). ويستخدم هذا المتحسس لقياس عمق الحراثة من خلال قياس ارتفاع المحراث على ارض مبلطة وتثبت في البرنامج، وعند القيام بعملية الحراثة وعند اختراق سلاح المحراث للتربة تتناقص هذه المسافة كلما ازداد اختراق السلاح للتربة (أي زيادة عمق الحراثة) ومن خلال معرفة الفرق ما بين مسافة ارتفاع السلاح على الارض المبلطة والمسافة على ارض الحقل اثناء عملية الحراثة يتم معرفة عمق الحراثة. ويتم حساب الفرق باستخدام المعادلة رقم (11). ويتم التحكم بعمق الحراثة وتثبيتها اثناء القيام بعملية الحراثة عن طريق عتلات الجهاز الهيدروليكي المرتبطة بنقاط الشبك المحراث مع الساحة (Alameri and Almaliki, 2022).

$$\text{The measured distance (md)} = (T * V) / 2 \quad (10)$$

حيث ان:

T: الفاصل الزمني بين الموجة (الموجات) المرسله والمستلمه

V: سرعة الصوت (340 م ثا<sup>-1</sup>)

لمعرفة عمق الحراثة يتم استخدام المعادلة التالية:

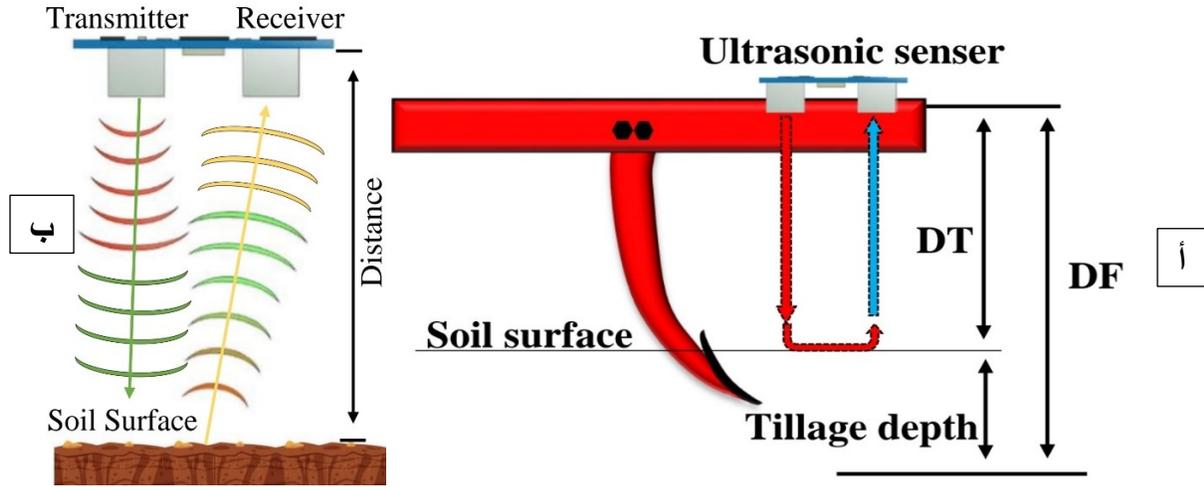
$$\text{Tillage depth} = DF - DT \quad (11)$$

اذ ان:

Tillage depth: عمق الحراثة (سم)

DF: المسافة المقاسة على ارض مبلطة مستوية (سم)

DT: المسافة المقاسة في الحقل اثناء عمل المحراث (سم)



شكل (4) أ – طريقة مبدأ عمل الحساس Ultrasonic ب- عمل الحساس لقياس عمق الحراثة في الحقل

3. 7. قياس مؤشرات الأداء الميكانيكي

**Measurement of mechanical performance indicators:**

3. 7. 1. قوة السحب (F) Draft force

تم قياس 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 سلك معدني مرن، سحب الجرار MF285G والآلة المربوطة عليه بواسطة الجرار Case JX75T، قيست قوة السحب الكلية أثناء عملية السحب وخلال مسافة طولية مقدارها 10م، سجلت قيم قوة السحب بواسطة حاسوب محمول (Laptop) متصل مع جهاز الخلية الوزنية، كررت عملية القياس ثلاث مرات لجميع آلات الحراثة المستخدمة في التجربة ولجميع عوامل الدراسة، وحسبت قوة السحب من المعادلة (12) والمأخوذة من (Mckyes 1985).

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

إذ أن:

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

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

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

### 3.7.2. كفاءة السحب ( $\eta_t$ ) Tractive efficiency

حسبت كفاءة السحب من المعادلة (13) كما وردت في الطحان واخرون (2008)

$$\eta_t = \frac{F(1-S)}{F+R} \quad (13)$$

إذ أن:

$$\eta_t = \text{كفاءة السحب (\%)}$$

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

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

$$R = \text{مقاومة التدرج للجرار MF285G (نيوتن)}$$

### 3.7.3. قدرة السحب ( $P_f$ ) Draft power

حسبت قدرة السحب من المعادلة (14) كما وردت في الطحان واخرون (2008)

$$P_f = F \times V_a \quad (14)$$

إذ أن:

$$P_f = \text{قدرة السحب (كيلو واط)}$$

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

$Va$  = السرعة العملية (كم ساعة<sup>-1</sup>)

### 3. 7. 4. المقاومة النوعية (SR) Specific resistance

تم حساب المقاومة النوعية وفق المعادلة (15) وحسب ما اوردها (Mckyes (1985).

$$SR = \frac{F}{A} \quad (15)$$

إذ أن:

$SR$  = المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

$F$  = قوة السحب (نيوتن)

$A$  = مساحة التربة المحروثة (العرض الشغال لآلة الحراثة  $\times$  عمق الحراثة الفعلي) (م<sup>2</sup>)

### 3. 7. 5. النسبة المئوية للانزلاق (S) Slipping percentage

تم حساب النسبة المئوية لانزلاق عجلات الجرار Case JX75T خلال عملية الحراثة ولمسافة 10 م حسب المعادلة (16) التي ذكرها (Zoz and Grisso (2003)، إذ تم قياس السرعة النظرية والعملية للجرار باستخدام تقنية العجلة الخامسة المثبتة على الجرار Case JX75T التي هي عبارة عن عجلة يثبت عليها حساس Encoder sensor يحتوي على ترس مسنن يرتبط مع ترس مسنن مثبت على العجلة الخامسة ويتم إيصال الحساس مع وحدة تجميع البيانات الموجودة قرب سائق الساحبة من خلال سلك الحساس ينتج 360 نبضة لكل دورة من دوران الترس المسنن للحساس وكل نبضة تمثل مسافة 1.32 ملم من حركة العجلة ومن خلال وحدة جمع البيانات الموجودة قرب السائق يتم حساب المسافة والزمن لقياس السرعة النظرية على أرض معبدة بدون حراثة والسرعة العملية في الحقل اثناء العمل.

$$S = 1 - \frac{Va}{Vt} \times 100 \quad (16)$$

إذ أن:

$S$  = النسبة المئوية للانزلاق (%).

$Va$  = السرعة العملية (كم ساعة<sup>-1</sup>)

$Vt$  = السرعة النظرية (كم ساعة<sup>-1</sup>)

### 3. 7. 6. القدرة المفقودة (PL) power losses

حُسبت القدرة المفقودة من المعادلة (17) والمأخوذة من (2010) Muhsin.

$$PL = Pd - Pf \quad (17)$$

إذ أن:

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

$$Pd = \text{القدرة عند العجلات (كيلو واط)} ، \text{حسبت من المعادلة (18):}$$

$$Pd = (F+R) \times Vt \quad (18)$$

$$Pf = \text{قدرة السحب (كيلو واط)} ، \text{تم حسابها من المعادلة (19).}$$

$$Pf = F \times Va \quad (19)$$

### 3. 7. 7. معدل استهلاك الوقود (Fcr) Fuel consumption rate

تم قياس معدل استهلاك الوقود للجرار من تحديد مسافة طويلة مقدارها 10 م وذلك بتهيئة شاخصين على ارض الحقل المسافة بينهما 10 م ثم حرك الجرار من نقطة تبعد عن الشاخص الأول بمسافة كافية لاستقرار عمق المحراث في التربة ووصول الجرار إلى السرعة المقررة له وعند مرور مركز الاطار الامامي للجرار بجانب الشاخص الأول يتم قياس استهلاك الوقود من خلال الاردوينو المربوط مع جهاز استهلاك الوقود، وتم قياس معدل استهلاك الوقود لجميع معاملات الحرارة والسرعة المستعملة وبواقع ثلاثة مكررات وحُسب معدل استهلاك الوقود على أساس الزمن والمساحة والقدرة وفق الطريقة المقترحة من قبل Almaliki et al. (2016) كالاتي:

### 3. 7. 7. 1. استهلاك الوقود لكل وحدة زمنية (FCT) Fuel consumption per unit time

هو مقدار الوقود المستهلك خلال فترة زمنية معينة، تم حسابه وفقاً للمعادلة (20):

$$FCT = \frac{Fc}{T} \quad (20)$$

إذ أن:

$$Fc = \text{الوقود المستهلك (لتر)}$$

$$T = \text{الوقت المستغرق (ساعة)}$$

### 3. 7. 7. 2. استهلاك الوقود على أساس وحدة المساحة

#### Fuel consumption per unit of area (FCA)

وهي كمية الوقود المستهلكة لحراثة مساحة هكتار واحد، وتم حسابها وفق المعادلة (21):

$$FCA = \frac{10 * FCT}{Bp * Va} \quad (21)$$

إذ أن:

FCA = معدل استهلاك الوقود (لتر هكتار<sup>-1</sup>)

FCT = كمية الوقود المستهلك (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

Bp = العرض التشغيل لالة الحراثة (م)

Va = السرعة العملية (كم ساعة<sup>-1</sup>)

### 3. 7. 7. 3. استهلاك الوقود النوعي

#### Specific fuel consumption (FCP)

وهي كمية الوقود التي يستهلكها الجرار خلال فترة زمنية على اساس قدرة السحب المتوفرة في عمود الجر، وتم حسابها من المعادلة (22):

$$FCP = \frac{FCT}{Pf} \quad (22)$$

إذ أن:

FCP = معدل استهلاك الوقود (لتر/ساعة. كيلو واط<sup>-1</sup>)

FCT = كمية الوقود المستهلك (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

Pf = قدرة السحب (كيلو واط)

### 3. 7. 8. مظهر الحراثة Tillage appearance

يعتبر مظهر الحراثة من أهم المؤشرات التي يمكن من خلالها تحديد كفاءة معدات الحراثة في تهيئة المرقد الملائم للبذرة، ويعبر عن مظهر الحراثة بعدد الكتل التي يزيد قطرها على 10 سم في المتر المربع (الطالباني، 2006). وتم قياس مظهر الحراثة بأخذ عينة من التربة لمساحة نصف متر مربع ويتم غربلتها

بالغريبال ذو فتحات مساحتها 10 سم مربعة الشكل ثم تم حساب عدد الكتل المتبقية في الغريبال والتي تمثل الكتل التي يزيد قطرها على 10 سم ثم يضرب عدد الكتل  $2 \times$  لغرض التعبير عن عدد الكتل في المتر المربع الواحد.

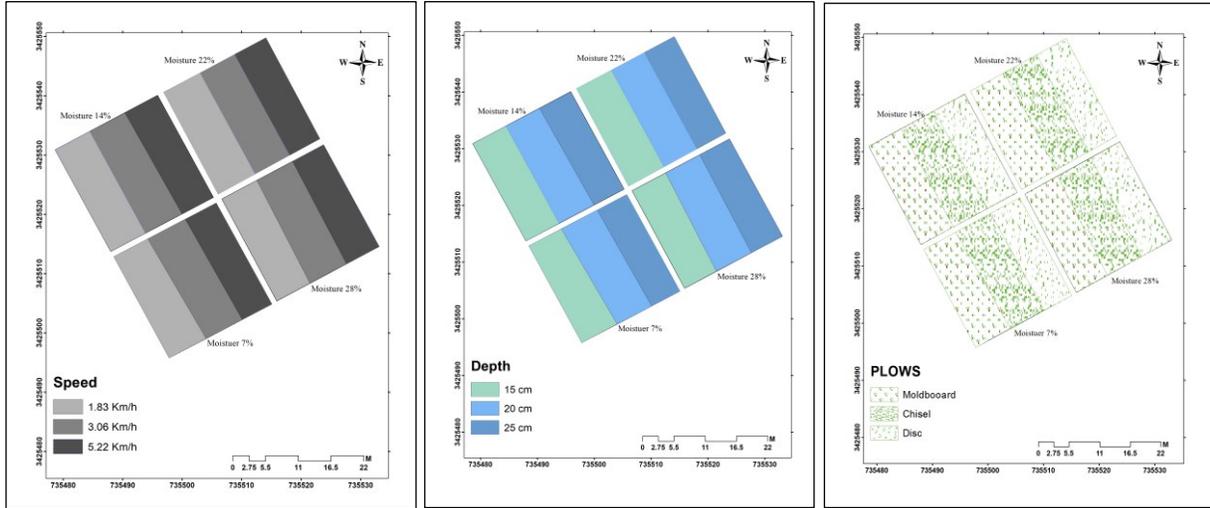
### 3. 8. العمل المكتبي

#### 3. 8. 1. المرئية الفضائية Satellite imagery

تم تحميل المرئية الفضائية من الموقع الرسمي للمسح الجيولوجي الأمريكي USGS للقمر الصناعي Landsat 8 الموجود على الشبكة العنكبوتية Internet والتي تم التقاطها بتاريخ 2023/11/13 ثم تم اجراء معالجة رقمية للمرئية الفضائية عن طريق سلسلة من الخوارزميات الرياضية باستخدام برنامج Arc GIS وحسب ما جاء في المياحي (2024) وتم الحصول على قيم الانعكاس للمرئية الفضائية ثم عمل علاقات ارتباط ما بين قيم الانعكاس للمرئية الفضائية والصفات الأولية للمستويات الرطوبة المستخدمة في التجربة للتأكد من دقة العمل.

#### 3. 8. 2. العمل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS

استخدم برنامج Arc Map GIS الإصدار 10.4.1 اذ تم تحديد منطقة الدراسة وعمل shapefile للحقل ثم جزأت منطقة الدراسة الى أربع مساحات للمستويات الرطوبة للتربة 7 و 14 و 22 و 28% وتم تحديد نقاط لمواقع عينات القيم للصفات الميكانيكية وصفات التربة بثلاث نقاط لكل مستوى من مستويات الدراسة وحسب الشكل (5) وتم ادخال البيانات في ملف shapefile نقطي لغرض اجراء عملية التوزيع المكاني للخصائص الميكانيكية والتربة باستعمال طريقة IDW(INVERSE DISTANCE WIEGHT) ومن ثم تحويلها الى راستر وإعادة تصنيف القيم واستعمال extract by mask لغرض اقتطاع الصورة الممثلة للتوزيع المكاني والممثلة للحقل وبعدها وضع المديات لكل خاصية والإخراج النهائي للخارطة.



شكل (5) توزيع معاملات التجربة في الحقل

### 3. 8. 3. البصمة الطيفية باستخدام جهاز SpectroRadiometer

جهاز SpectroRadiometer امريكي الصنع موديل NO: 350-2500 متوفر في وزارة العلوم والتكنولوجيا/ قسم GIS يقيس الانعكاس الطيفي من 300-3000 نانو متر اذ يرسم منحنى للانعكاس الطيفي لكل طول موجي ويسجل البيانات الرقمية باستمرار، ويمكن استخدامه حقلياً ومختبرياً وهو يجمع ما بين خاصيتي radiometer في العمل الحقلي و spectrometer في القياس المستمر للانعكاس خلال المدى الطيفي اذ تم اخذ 9 عينات لكل مستوى رطوبي للتربة (7 و 14 و 22 و 28%) وتم قياس البصمة الطيفية لكل عينة باستخدام المتحسس الخاص بالجهاز الذي يكون ملامس لسطح العينة ويتم تخزين وعرض البيانات ببرنامج ViewSpecPro V6.0 وتحفظ على هيئة ASD ثم يستخدم برنامج ViewSpecPro V6.0 لعمل منحنيات البصمة الطيفية وتم اخذ اعلى انعكاس لكل رطوبة من المنحنيات التي توضح العلاقة بين الانعكاس والطول الموجي، ويوضح الملحق (14) جهاز SpectroRadiometer وطريقة عمله وتم الحصول على قيم الانعكاس لكل مستوى رطوبي من المنحنيات المتحصل عليها من البرنامج ثم اجراء علاقة ارتباط مع المرئية الفضائية والخصائص الأولية للمستويات الرطوبة المستخدمة في الدراسة.

### 3. 9. تهيئة التربة وأجراء العمليات الحقلية

#### Preparing the soil and performing field operations

تم البدء بالعمل الحقلية بأجراء تجربة لتحديد مستويات الرطوبة لمعاملات رطوبة التربة عند الحراثة اذ تم تحديد مساحة من التربة وتم ري التربة بعد تحويطها بالتربة، ثم تم اخذ عينات رطوبة كل يومين لتحديد رطوبة التربة وتغيرها خلال الزمن، ثم تم تحديد المستويات المطلوبة للعمل اعتماداً على البيانات المتحصل عليها اذ تم تقسيم الحقل الى أربع قطاعات مساحة كل قطاع 1600 م<sup>2</sup> (40 x 40 م) وتم ري كل قطاع وترك ليحفظ لمدة حسب الفترة الزمنية المحددة في التجربة الأولى لتحديد المستويات الرطوبة.

أجري العمل الميكاني وقياس الصفات الميكانيكية بتاريخ 2023/11/13 اذ تم قياس المؤشرات الميكانيكية لكل مستوى رطوبي وبتلات محاريت (المطرحي والحفار والقرصي) وبتلات سرع (1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>) وبتلات أعماق (15 و 20 و 25 سم).

تم تهيئة الحقل للزراعة بعد حراثة التربة وتنعيمها وتم تقسيم الحقل الى 36 وحدة تجريبية مساحتها 12م<sup>2</sup> (6 x 2م) بأربع مستويات رطوبة وبتلات أنواع محاريت وبتلات مكررات بعمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup>. أجريت عملية زراعة حبوب الحنطة (*Triticum aestivum* L.) صنف بحوث 22 بتاريخ 2023/12/2 بمعدل بذار 120 كغم هكتار<sup>-1</sup> (نشرة إرشادية، 2012) على خطوط المسافة بين خط وآخر 15 سم بواقع 13 خط في كل وحدة تجريبية وبطول 6 م لكل خط وأجريت عملية الترقيع بعد أسبوعين من الانبات. تمت عمليات التسميد بإضافة السماد الكيميائي لجميع الوحدات التجريبية بالتساوي وحسب التوصية السمادية المتبعة إذ أضيف السماد النيتروجيني على شكل يوريا (46% N) بمقدار 120 كغم N هكتار<sup>-1</sup> (العبد الله، 2015) وبتلات دفعات متساوية عند الزراعة والإنبات والتزهير وأضيف سماد السوبر فوسفات الثلاثي بمقدار 100 كغم P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> هكتار<sup>-1</sup> والبوتاسيوم بمقدار 120 كغم K هكتار<sup>-1</sup> دفعة واحدة عند الزراعة (جدوع وصالح، 2013). أجريت عملية الري بطريقة الري السحي اذ تم تحديد كمية مياه الري للوحدات التجريبية اعتماداً على طريقة حوض التبخر الامريكي، وتم اخذ عينات تربة بعد شهر من الزراعة بتاريخ 2024/1/6 لقياس الصفات الفيزيائية للتربة في بداية الموسم ثم تم اخذ عينات تربة في نهاية الموسم بتاريخ 2024/4/13 وتم حصاد المحصول بتاريخ 2024/4/15 والملحق (13) يوضح بعض صور العمل الحقلية والمختبري.

### 3. 10. قياسات التجربة الزراعية الحقلية Field experiment measurements

#### 3. 10. 1. خصائص التربة Soil properties

قيست خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية المدروسة المتمثلة بالكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والمحتوى الرطوبي للتربة ومقاومة التربة للاختراق والايصالية الكهربائية خلال عمقين للتربة وهي (0-15) و (15-30) سم لكل وحدة تجريبية وخلال ثلاث فترات الأولى بعد الحراثة والثانية بداية موسم النمو (بعد شهر من الزراعة) والثالثة نهاية موسم النمو قبل الحصاد وكما موضحة في الطرق المبينة تحت الفقرة (3. 2.).

#### 3. 10. 2. صفات النبات Plant properties

##### 3. 10. 2. 1. ارتفاع النبات Plant height

تم قياس معدل ارتفاع 10 نباتات وذلك في نهاية موسم النمو من كل وحدة تجريبية بوحدة (سم) من سطح التربة إلى أعلى قمة في النبات.

##### 3. 10. 2. 2. الوزن الجاف Dry weight

حصدت النباتات من مستوى سطح التربة ولمساحة قدرها 1م<sup>2</sup> 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 تماما ثم تم حساب الوزن الجاف للنبات بوحدة (طن هكتار<sup>-1</sup>).

##### 3. 10. 2. 3. حاصل الحبوب Grain yield

أخذت حزمة النباتات المحصودة من مساحة 1 م<sup>2</sup> من كل وحدة تجريبية وتم فصل الحبوب عن القش ثم وزنت الحبوب التي جمعت بعد تجفيفها وحُسب حاصل الحبوب بوحدة (طن هكتار<sup>-1</sup>).

### 3. 11. التكاليف الاقتصادية Economic costs

حُسبت التكاليف الاقتصادية حسب ما جاء في خيرت (1979) وكالاتي:

### 3. 11. 1. التكاليف الثابتة Fixed costs

وتمثلت بالتكاليف الآتية:

### 3. 11. 1. تكاليف إيجار الأرض Land rental costs

حُسب السعر الرسمي لتأجير الأراضي في منطقة الدراسة بـ 3500 دينار للدونم

### 3. 11. 2. تكاليف الأيدي العاملة Labor costs

الأيدي العاملة = عدد العمال x اجرة العامل باليوم (25000 دينار) x عدد الأيام

### 3. 11. 2. التكاليف المتغيرة Variable costs

وتتضمن تكاليف البذور والأسمدة والمبيدات والحراثة والزيوت والوقود إذ حُسبت تكاليف البذور والأسمدة من خلال ضرب كمية البذور والأسمدة في سعر الكيلو، أما الحراثة فيضرب عدد ساعات العمل في سعر العمل بالساعة (15000 بالساعة)، وحُسبت تكاليف الزيوت من خلال حساب عدد مرات استبدال الزيت في الهكتار، وحُسبت تكاليف الوقود بضرب كمية الوقود المستهلك لكل معاملة بالهكتار في سعر اللتر للوقود (450 دينار لتر<sup>-1</sup>).

### 3. 11. 3. تكاليف عمل البالات bale making costs

تم حساب عدد البالات لكل معاملة من خلال قسمة كمية الحاصل الحيوي على 12 الذي يمثل متوسط وزن البالة (12 كغم) وبتكلفة عمل بلغت 500 دينار للبالة الواحدة وبضرب عدد البالات في تكلفة عمل البالة يتم الحصول على تكاليف عمل البالات لكل معاملة (دينار هـ<sup>-1</sup>).

### 3. 11. 4. التكاليف التسويقية Marketing costs

حُسبت التكاليف التسويقية للحبوب كالآتي:

تكاليف التسويق للحبوب = كمية الإنتاج للحبوب (طن هـ<sup>-1</sup>) × 10000 دينار\*  
\*سعر نقل الحبوب من الحقل إلى السايلو حسب السعر الرسمي 10000 دينار للطن

### 3. 11. 5. مجموع التكاليف الكلية Total costs

حُسبت التكاليف الكلية كالآتي:

التكاليف الكلية (دينار هـ<sup>1</sup>) = التكاليف الثابتة + التكاليف المتغيرة + تكاليف عمل البالات + التكاليف التسويقية

### 3. 11. 6. الايراد الكلي Total return

حُسب كالآتي:

ايراد حاصل الحنطة (دينار هـ<sup>1</sup>) = كمية الإنتاج (طن هـ<sup>1</sup>) × سعر محصول الحبوب\*

\*سعر محصول الحبوب حسب السعر الرسمي = 850000 دينار للطن

إيرادات القش (دينار هـ<sup>1</sup>) = عدد البالات بالهكتار × سعر البالة\*

\*سعر البالة حسب سعر السوق = 4000 دينار

الايراد الكلي (دينار هـ<sup>1</sup>) = ايراد حاصل الحنطة (حاصل الحبوب) + ايراد القش (التبن)

### 3. 11. 7. صافي الدخل الكلي Total net income

تم حساب صافي الدخل (الربح الصافي) كالآتي وحسب ما جاء في السامرائي (2014)

صافي الدخل الكلي (دينار هـ<sup>1</sup>) = الايراد الكلي – التكاليف الكلية

### 3. 11. 8. الربحية الإنتاجية Production profitability

تم حساب الربحية الإنتاجية كالآتي:

الربحية الإنتاجية (%) = (صافي الدخل / التكاليف الكلية) × 100

### 3. 11. 9. عائد الدينار المستثمر Return on invested dinar

تم حساب عائد الدينار المستثمر كالآتي:

عائد الدينار المستثمر = الايراد الكلي / التكاليف الكلية

### 3. 12. برنامج Design Expert software

بعد الانتهاء من العمل الحقلية وجمع البيانات الخاصة بالتجربة، تمت معالجة البيانات بواسطة برنامج

Design Expert software وهو أحد البرامج الحديثة المستخدمة في تحليل البيانات (Version:

8.0.6.1) وله امكانيات عالية في التعامل مع البيانات اذ يقوم بتحليل البيانات احصائيا ومعرفة معنويتها

وضمن مستويات مختلفة واعطاء جدول ANOVA ورسم العلاقات بين مدخلات البحث ومخرجاته وفضلاً عن اعطاء معادلة تنبؤية لكل مخرج من مخرجات البحث.

### 13.3. تصميم التجارب والتحليل الإحصائي

#### Design of experiments and statistical analysis

تم اجراء تحليل احصائي لنتائج الخصائص المدروسة في كل من التجربة الحقلية والتجربة الميكانيكية باستخدام برنامج (Genstat (10.30E بتصميم القطع منشقة المنشقة (RCBD) لمعاملات المستويات الرطوبة ومعاملات الحرارة والاعماق والسرعة في التجربة الميكانيكية. وحلت النتائج التي تم الحصول عليها لجميع الصفات المدروسة في التجربة الزراعية الحقلية إحصائياً تبعاً لطريقة تحليل التباين باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأسلوب القطع منشقة المنشقة في تجربة عاملية بثلاث عوامل (4 x 3 x 2) (مستويات رطوبة x نوع المحراث x عمق التربة) وبثلاثة مكررات، وضعت المستويات الرطوبة في القطع الرئيسية ونوع المحراث في القطع الثانوية. كما حلت بيانات النتائج الحقلية الخاصة بصفات النبات بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بعاملين (مستويات رطوبة x نوع المحراث) بثلاث مكررات. حُللت البيانات لجميع التجارب إحصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي GenStat وقورنت متوسطات المعاملات باختبار اقل فرق معنوي المعدل (RLSD) عند مستوى احتمال (0.05) حسب الراوي وخلف الله (1980).

## 4. النتائج والمناقشة Results and discussion

### 4.1. مؤشرات الأداء Performance indicators

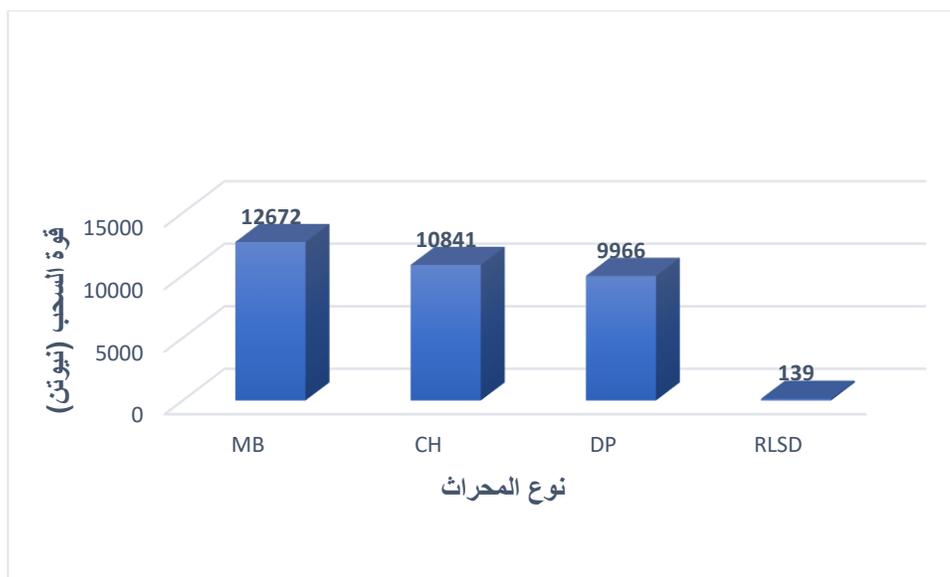
#### 4.1.1. قوة السحب Draft force

يبين الشكل 6 تأثير رطوبة التربة في قوة السحب. اذ يلاحظ من الشكل وبيانات التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية عند مستوى احتمال 0.05 في قوة السحب للجرار. اذ تفوقت معاملة المحتوى الرطوبي 14% بأعطاء اقل قوة سحب بلغت 10335 نيوتن ثم تلتها رطوبة التربة عند الحالة الجافة (7%) 10835 نيوتن، بينما ازدادت قوة السحب بنسبة 5.54 و 11.08% عند زيادة رطوبة التربة الى 22 و 28% اذ بلغت قوة السحب 11435 و 12035 نيوتن على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان قوة التربة ومقاومتها للمحراث تنخفض عند الحالة الهشة (14%) نتيجة تساوي التماسك الجزيئي والتماسك المتأني من الأفلام المائية مما يجعل التربة سهلة التفكك فتقل قوة السحب بينما عند انخفاض رطوبة التربة عند 7% يزداد التماسك الجزيئي للتربة فتزداد قوة التربة ومقاومتها للحرثة مما يزيد من قوة السحب للجرار، اما زيادة قوة السحب عند ارتفاع نسبة الرطوبة عند 22 و 28% فيعود الى زيادة تماسك التربة المتأني من الأفلام المائية وكذلك زيادة التصاق التربة بالمحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وبالتالي زيادة قوة السحب، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه (Jebur, 2016)، اذ لاحظ زيادة قوة السحب بزيادة رطوبة التربة نتيجة زيادة تماسك التربة والتصاقها.



شكل (6) تأثير رطوبة التربة في قوة السحب (نيوتن)

ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في قوة السحب، اذ يلاحظ من الملحق 15 والشكل 7 الذي يبين تأثير نوع المحراث في قوة السحب ان الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب اعطت اعلى قوة سحب بلغت 12672 نيوتن، في حين تفوقت الحراثة بالمحراث القرصي معنوياً بأعطاء اقل قوة سحب بلغت 9966 نيوتن، اما قوة السحب عند الحراثة بالمحراث الحفار فبلغت 10841 نيوتن. ويعزى سبب اختلاف قوة السحب باختلاف نوع المحراث الى طبيعة عمل كل محراث وتصميمه اذ يعمل المحراث المطرحي القلاب على شق ورفع وقلب التربة مما يزيد من مقاومة التربة للحراثة وبالتالي زيادة قوة السحب، في حين دوران القرص في المحراث القرصي يساعد على امتصاص قوة التربة من خلال دوران القرص اثناء الحراثة مما يسهل حركة المحراث في التربة وبالتالي تقل قوة السحب مقارنةً بالمحراث المطرحي والحفار. اما المحراث الحفار فهو من المحارث الزاحفة اذ يعمل على شق وتفكيك التربة دون قلبها وبالتالي تكون مقاومة التربة اثناء الحراثة اقل من المحراث المطرحي القلاب مما يقلل من قوة السحب للمحراث، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه Ranjbarian et al. (2017) اذ لاحظ ان المحراث المطرحي سجل اعلى قوة سحب وتلاه الحفار ثم القرصي.



شكل (7) تأثير نوع المحراث في قوة السحب (نيوتن)

كما يلاحظ من الشكل 8 وجدول اختبار F (ملحق 15) ان لعمق الحراثة تأثير معنوي في قوة السحب، اذ ازدادت قوة السحب معنوياً عند مستوى احتمال 0.05 بزيادة عمق الحراثة من 15 الى 20 الى 25 سم اذ بلغت 8334 و 11575 و 13570 نيوتن للأعماق 15 و 20 و 25 سم على التوالي، وبنسبة زيادة 28% و 14% عند زيادة عمق الحراثة من 15 الى 20 سم ومن 20 الى 25 سم على التوالي، ويعزى سبب ذلك

الى زيادة قوة التربة بزيادة عمق الحراثة نتيجة زيادة الكثافة الظاهرية والتماسك ومقاومة الاختراق بزيادة العمق مما يزيد من مقاومة التربة للحراثة وبالتالي زيادة قوة السحب مع زيادة العمق، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Zhao et al. (2022) اذ لاحظوا ان قوة السحب ازدادت بزيادة عمق الحراثة.



شكل (8) تأثير عمق الحراثة في قوة السحب (نيوتن)

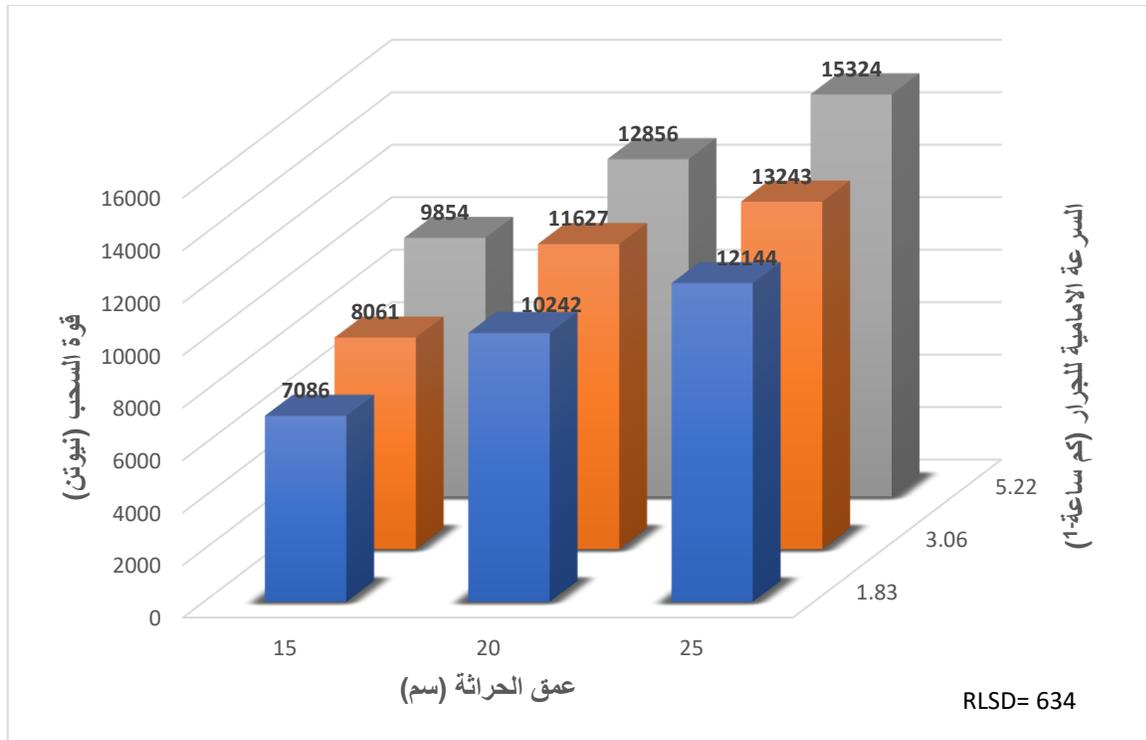
يلاحظ من جدول اختبار F (ملحق 15) ان للسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في قوة السحب للجرار عند مستوى احتمال 0.05، اذ يلاحظ من الشكل 9 الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في قوة السحب، ان قوة السحب ازدادت بزيادة السرعة الامامية للجرار من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بنسبة 29.05%، اذ تفوقت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> معنوياً بأقل قوة سحب بلغت 9824 نيوتن بينما ازدادت لتبلغ 10977 و12678 نيوتن عند السرعة 3.06 و5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> على التوالي. وهذا نتيجة زيادة تفكيك التربة بالمحراث وتراكمها واصطدامها مع بعضها بزيادة السرعة مما يزيد من مقاومة التربة للفصل وبالتالي زيادة قوة السحب. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Almaliki (2017) اذ لاحظ زيادة قوة السحب بنسبة 74% عند زيادة السرعة من 0.39 الى 1.56 م<sup>ثا</sup><sup>-1</sup>.



شكل (9) تأثير السرعة الامامية للجرار في قوة السحب (نيوتن)

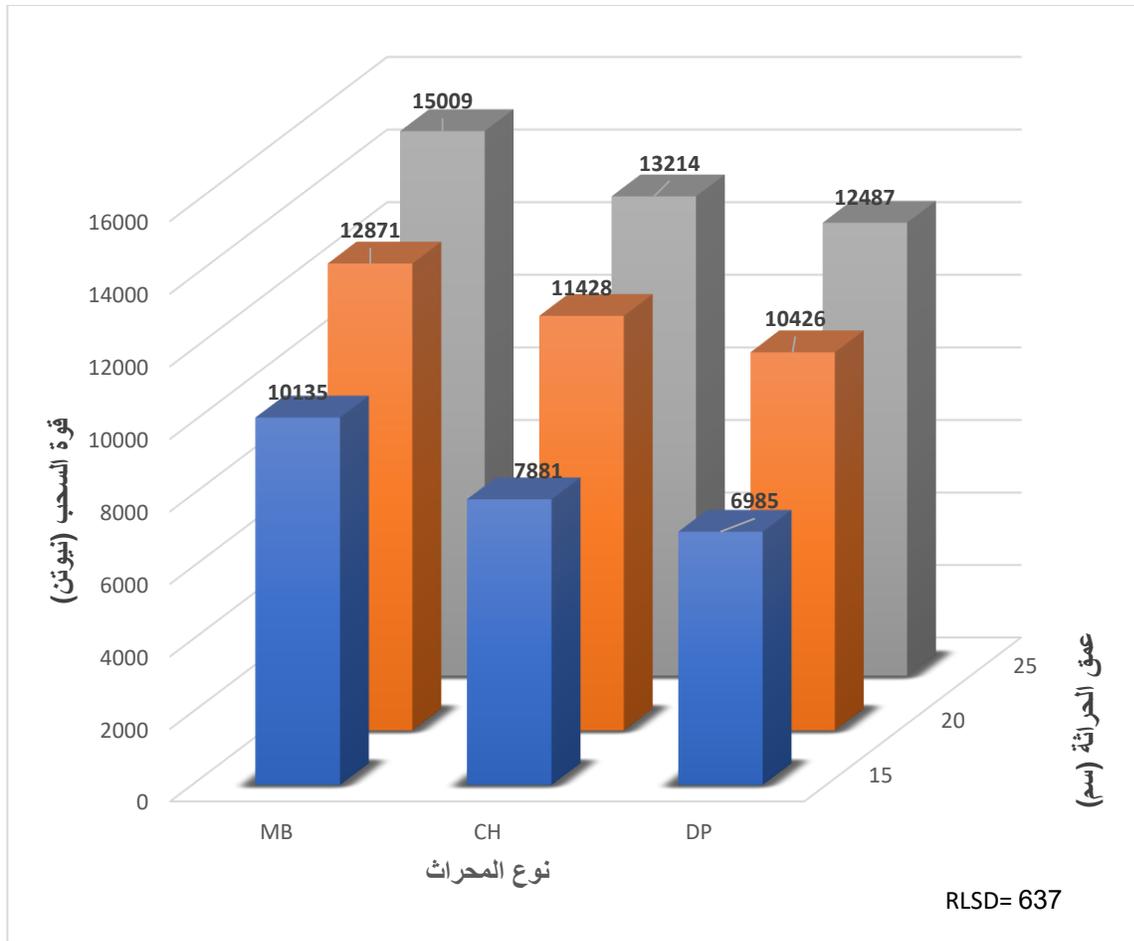
اشارت نتائج التحليل الاحصائي في جدول اختبار F (ملحق 15) ان تأثير التداخل لكل من رطوبة التربة ونوع المحراث والتأثير المشترك لكل من رطوبة التربة وعمق الحراثة وتأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار كان غير معنوي في قوة السحب.

كما أظهرت النتائج في الشكل 10 والملحق 15 ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب، اذ يلاحظ ان قوة السحب تزداد بزيادة كل من عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، اذ اعطت اعلى قوة سحب مقدارها 15324 نيوتن عند سرعة 5.22 كم ساعة-1 وعمق حراثة 25 سم. كما اعطت اقل قوة سحب مقدارها 7086 نيوتن عند سرعة 1.83 كم ساعة-1 وعمق حراثة 15 سم. ويعزى سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من السرعة الامامية وعمق الحراثة في قوة السحب اذ تزداد قوة التربة بزيادة العمق كما يزداد تراكم وتعجيل الكتل الترابية امام المحراث بزيادة السرعة الامامية وبالتالي زيادة قوة السحب نتيجة زيادة مقاومة التربة.



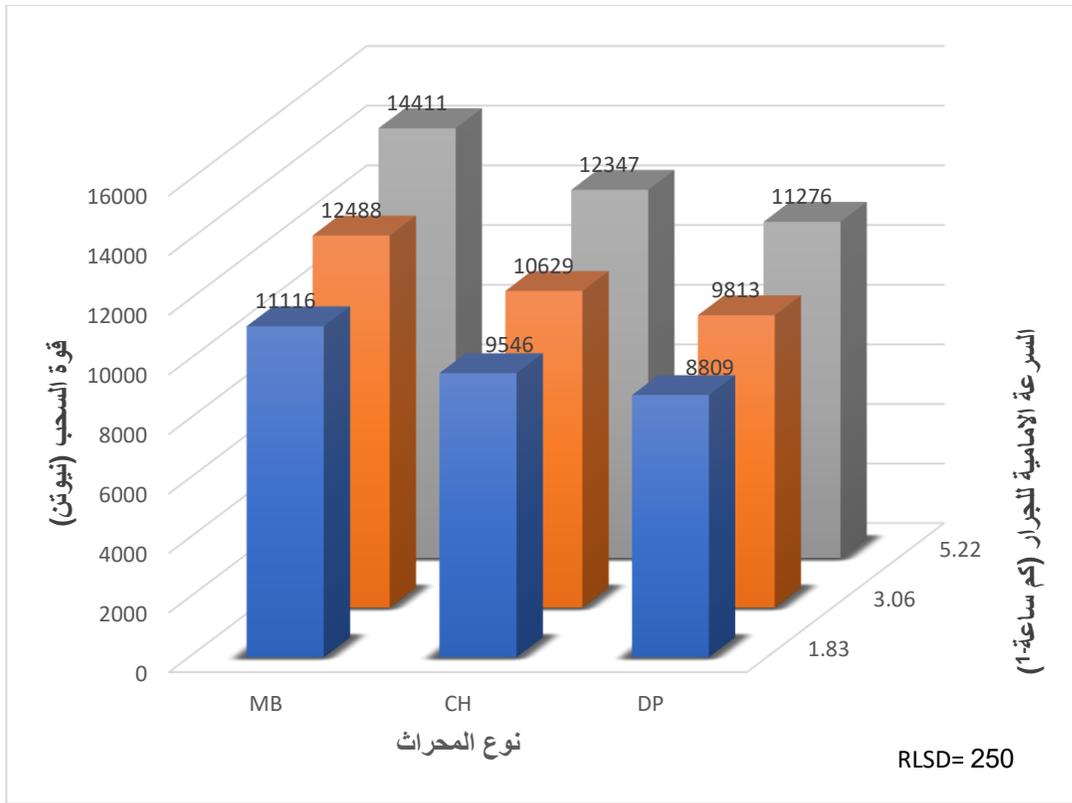
### شكل (10) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب (نيوتن)

يبين الشكل 11 تأثير التداخل لكل من عمق الحراثة ونوع المحراث في قوة السحب، اذ يلاحظ من جدول تحليل التباين (ملحق 15) ان التداخل ما بين عمق الحراثة ونوع المحراث كان معنوياً عند مستوى احتمال 0.05، اذ اعطى اعلى قوة سحب بلغت 15009 نيوتن عند الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب عند عمق 25 سم، واقل قوة سحب بلغت 6985 نيوتن عند الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق 15 سم. وهذا يعود الى طبيعة عمل المحراث المطرحي اذ يعمل على قص شريحة التربة ورفعها وقلبها مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث، فضلاً عن تأثير زيادة عمق الحراثة الذي يؤدي الى زيادة قوة التربة الناتجة من زيادة تماسك التربة وزيادة مقاومة الاختراق وبالتالي زيادة قوة السحب. بينما يعمل المحراث القرصي على شق التربة ورفعها وقلبها نتيجة فعل دوران الأقراص مما يقلل من قوة التربة ومقاومتها للحراثة وبالتالي انخفاض قوة السحب.



شكل (11) تأثير التداخل ما بين عمق الحرثة ونوع المحراث في قوة السحب (نيوتن)

أظهرت النتائج في الملحق 15 ان للتداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في قوة السحب، اذ يلاحظ من الشكل 12 ان قوة السحب تأثرت بتغيير كل من نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار، اذ اعطت الحرثة بالمحراث القرصي عند سرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اقل قوة سحب بلغت 8809 نيوتن، بينما اعطت الحرثة بالمحراث المطرحي بسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قوة سحب بلغت 14411 نيوتن. وهذا يعود الى تأثير طبيعة عمل كل من المحراث المطرحي والقرصي فضلاً عن تأثير السرعة في قوة السحب.



شكل (12) تأثير التداخل ما بين السرعة الامامية للجرار ونوع المحراث في قوة السحب (نيوتن)

يلاحظ من جدول تحليل التباين (ملحق 15) عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة وكذلك التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار والتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب.

يبين الجدول 3 والملحق 15 ان هناك تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، اذ اعطت اقل قوة سحب بلغت 6098 نيوتن عند الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق 15 سم وبسرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup>، بينما اعطت اعلى قوة سحب عند الحراثة بالمحراث المطرحي عند عمق 25 سم وبسرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> بلغت 17075 نيوتن. ويعزى سبب ذلك الى ان الحراثة بالمحراث القرصي قللت من قوة السحب نتيجة دوران الأقراص وقلب التربة جزئياً مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار، كما ان قوة السحب تنخفض بانخفاض عمق الحراثة والسرعة الامامية.

جدول (3) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب  
(نيوتن)

| سرعة الجرار (كم ساعة-1) |       |       | عمق الحراثة<br>(سم) | نوع المحراث |
|-------------------------|-------|-------|---------------------|-------------|
| 5.22                    | 3.06  | 1.83  |                     |             |
| 11998                   | 9882  | 8525  | 15                  | MB          |
| 14158                   | 12995 | 11458 | 20                  |             |
| 17075                   | 14588 | 13365 | 25                  |             |
| 9422                    | 7585  | 6635  | 15                  | CH          |
| 12578                   | 11462 | 10245 | 20                  |             |
| 15042                   | 12842 | 11758 | 25                  |             |
| 8142                    | 6715  | 6098  | 15                  | DP          |
| 11832                   | 10425 | 9022  | 20                  |             |
| 11308                   | 12298 | 13855 | 25                  |             |
| 676                     |       |       |                     | RLSD        |

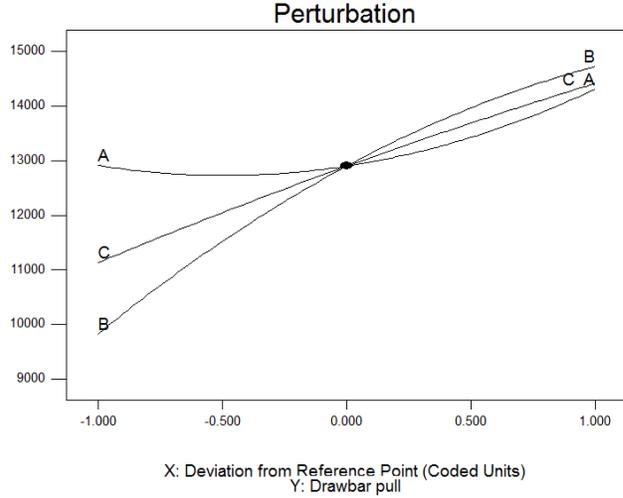
أظهرت النتائج في الملحق 15 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قوة السحب.

يبين الشكل 13 تأثير عوامل الدراسة في قوة السحب، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في قوة السحب هو عمق الحراثة وبنسبة 62% ثم السرعة الامامية بنسبة 29% ثم رطوبة التربة بنسبة 20% على التوالي، وهذا يدل على ان عمق الحراثة عامل مهم في قياس قوة السحب اذ تزداد قوة السحب بزيادة العمق، ويأتي بعده عامل السرعة ثم الرطوبة، والمحاريت الثلاث (مطرحي وقرصي وحفار) اخذت نفس السلوك.

Design-Expert® Software  
 Factor Coding: Actual  
 Drawbar pull

Actual Factors  
 A: Moisture Content = 17.50  
 B: Tillage Depth = 20.00  
 C: Tractor Speed = 3.52  
 \*D: Plow Type = Moldboard Plow

Categoric Factors  
 D

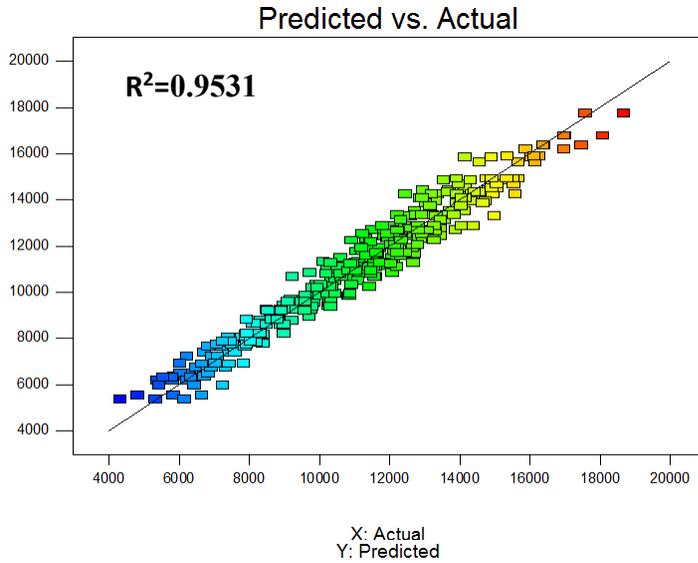


شكل (13) الأهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الأمامية وعمق الحراثة) على قوة السحب (نيوتن)

يبين الشكل 14 تحليل الانحدار لقوة السحب تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة، اذ يلاحظ ان انتشار البيانات حول خط الانحدار كان مناسب اذ بلغ معامل التحديد  $R^2=0.9531$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 4 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بقوة السحب باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بقوة السحب للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
 Drawbar pull

Color points by value of  
 Drawbar pull:  
 18680  
 4330



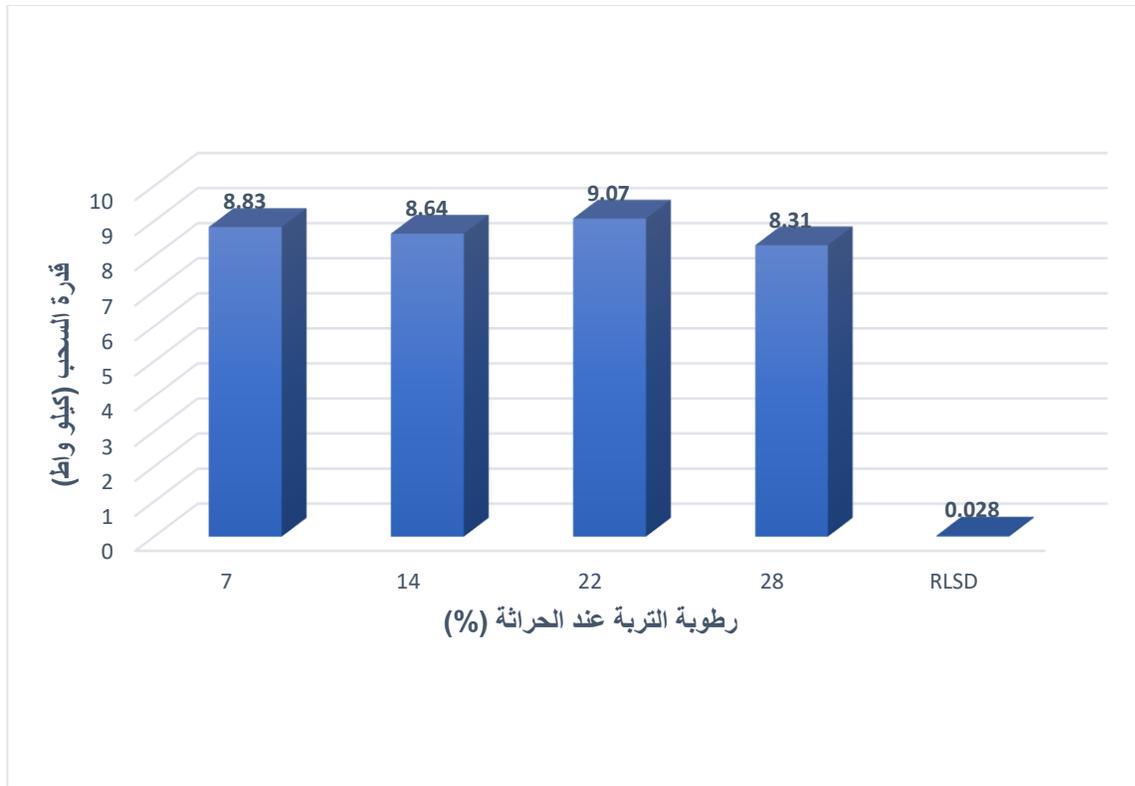
شكل (14) العلاقة بين قوة السحب المقاسة حقليا والمنتبئ بها

#### جدول (4) المعادلات التنبؤية بقوة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation  |
|-----------------------|---|
| <b>Moldboard Plow</b> | <b>Draft force</b> = -9146.16596 -158.79997 * Moisture Content +1443.05687 * Tillage Depth +1034.40474 * Tractor Speed +1.04854E-014 * Moisture Content * Tillage Depth +3.62909E-014 * Moisture Content * Tractor Speed +12.29217 * Tillage Depth * Tractor Speed + 6.43869 * Moisture Content <sup>2</sup> -24.92593 * Tillage Depth <sup>2</sup> - 44.19375 * Tractor Speed <sup>2</sup> |
| <b>Chisel Plow</b>    | <b>Draft force</b> = -11423.75234 -158.79997 * Moisture Content +1488.94576 * Tillage Depth +894.66227 * Tractor Speed +1.04854E-014 * Moisture Content * Tillage Depth + 3.62909E-014 * Moisture Content * Tractor Speed +12.29217 * Tillage Depth * Tractor Speed +6.43869 * Moisture Content <sup>2</sup> -24.92593 * Tillage Depth <sup>2</sup> -44.19375 * Tractor Speed <sup>2</sup>  |
| <b>Disk Plow</b>      | <b>Draft force</b> = -12296.54020 -158.79997 * Moisture Content +1505.83465 * Tillage Depth +793.83000 * Tractor Speed +1.04854E-014 * Moisture Content * Tillage Depth +3.62909E-014 * Moisture Content * Tractor Speed +12.29217 * Tillage Depth * Tractor Speed +6.43869 * Moisture Content <sup>2</sup> -24.92593 * Tillage Depth <sup>2</sup> -44.19375 * Tractor Speed <sup>2</sup>   |

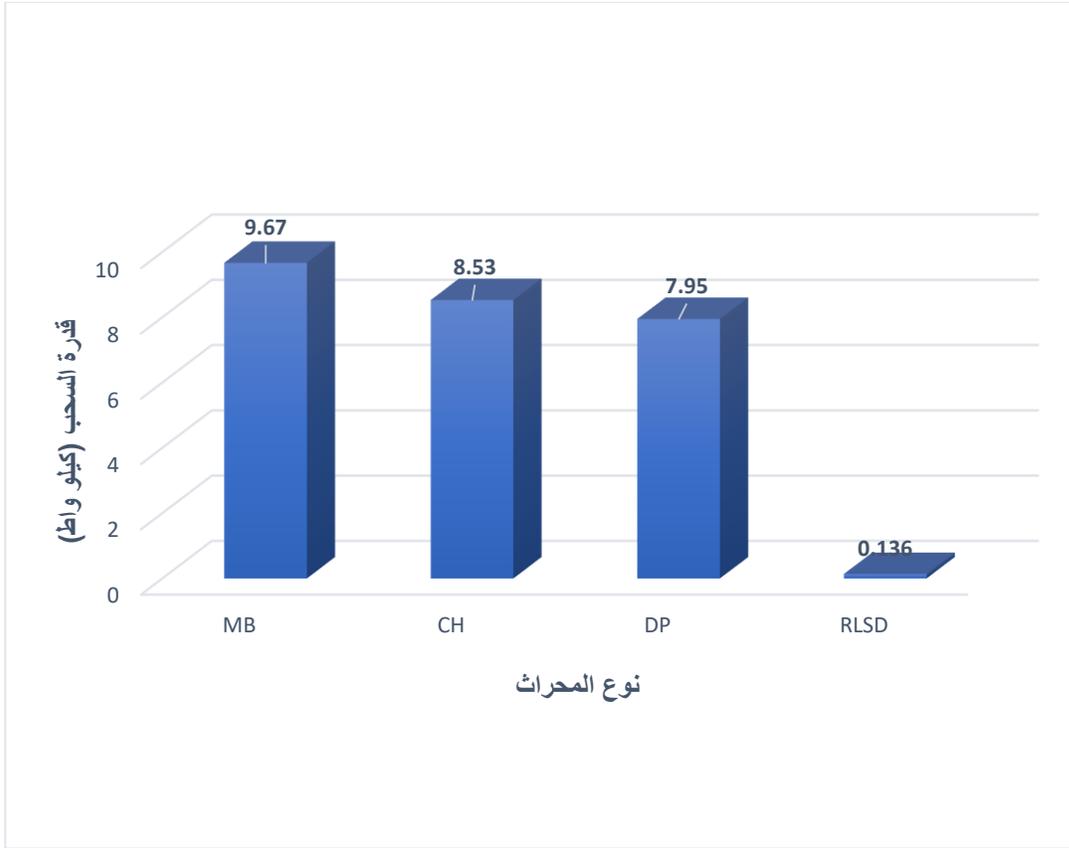
#### 4. 1. 2. قدرة السحب Draft power

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية عند مستوى احتمال 0.05 في قدرة السحب، اذ يلاحظ من الشكل 15 الذي يبين تأثير رطوبة التربة في قدرة السحب ان رطوبة التربة 22% تفوقت معنويا بأعطاء اعلى قدرة سحب بلغت 9.07 كيلو واط ثم تلتها رطوبة التربة 7% بقدرة سحب بلغت 8.83 كيلو واط ثم 14 و 28% اذ بلغت قدرة السحب 8.64 و 8.31 كيلو واط على التوالي، ويعلل سبب ذلك الى تأثير رطوبة التربة في السرعة الامامية للجرار وقوة السحب اذ ان قدرة السحب تتناسب طرديا مع قوة السحب والسرعة العملية للجرار كما في المعادلة 14 اذ ازدادت قدرة السحب عند الرطوبة 22% نتيجة زيادة قوة السحب وانخفاض السرعة الامامية للجرار مما أدى الى تسجيل اعلى قدرة سحب، في حين ان رطوبة التربة 28% سجلت اقل قدرة سحب وهذا يعود الى انخفاض السرعة الامامية للجرار عند زيادة الرطوبة نتيجة زيادة الانزلاق بالرغم من زيادة قوة السحب الا ان الانخفاض في السرعة الامامية للجرار (العملية) كان اعلى.



شكل (15) تأثير رطوبة التربة في قدرة السحب (كيلو واط)

يبين الشكل 16 تأثير نوع المحراث في قدرة السحب، إذ أظهرت النتائج ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في قدرة السحب عند مستوى احتمال 0.05 (ملحق 15)، إذ يلاحظ من الشكل 16 ان المحراث القرصي تفوق معنوياً بأعطاء اقل قدرة سحب بلغت 7.95 كيلو واط، بينما اعطى المحراث المطرحي القلاب اعلى قدرة سحب بلغت 9.67 كيلو واط واعطى المحراث الحفار قدرة سحب بلغت 8.53 كيلو واط. ويعزى سبب تفوق المحراث القرصي الى تأثير طبيعة عمل المحراث إذ انخفضت قوة السحب عند الحرارة بالمحراث القرصي نتيجة دوران الأقراص فضلا عن قلب التربة جزئياً مقارنة بالمحراث المطرحي الذي يعمل على رفع وقلب التربة كلياً مما يزيد من قوة السحب حيث ان قوة السحب تتناسب طردياً مع قدرة السحب وبالتالي زيادة قدرة السحب بالمحراث المطرحي. اما المحراث الحفار فيعمل على شق التربة وتفكيكها موضعياً وبالتالي تكون قدرة السحب اعلى من القرصي واقل من المطرحي القلاب. وتتفق هذ النتائج مع ما توصل اليه مجيد (2023) إذ لاحظ ان المحراث القرصي سجل اقل قدرة سحب مقارنةً بالمحراث الحفار والمطرحي.



شكل (16) تأثير نوع المحراث في قدرة السحب (كيلو واط)

تبين النتائج في الشكل 17 و اختبار F في الملحق 15 ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في قدرة السحب، اذ يلاحظ ان قدرة السحب تزداد معنوياً بزيادة عمق الحراثة، اذ ازدادت قدرة السحب بنسبة 28% عند زيادة عمق الحراثة من 15 الى 25 سم، وبتفوق العمق 15 سم معنوياً بأعطاء اقل قدرة سحب بلغت 7.10 كيلو واط، بينما بلغت قدرة السحب عند الأعماق 20 و 25 سم 9.14 و 9.89 كيلو واط على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة التربة وتزداد مقاومتها للحراثة وبالتالي زيادة قوة السحب التي هي أحد مركبات قدرة السحب وتتناسب طردياً معها مما يؤدي الى زيادة قدرة السحب بزيادة العمق. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه ناصر واخرون (2016b) اذ لاحظوا ان قدرة السحب ازدادت عند زيادة عمق الحراثة من 10 الى 25 سم بنسبة 49.50%.



شكل (17) تأثير عمق الحراثة في قدرة السحب (كيلو واط)

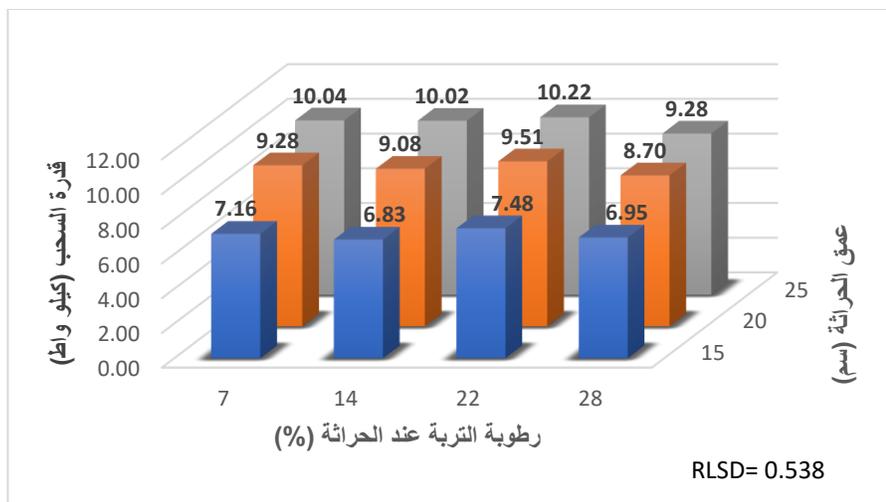
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F ان هناك تأثير عالي المعنوية للسرعة الامامية في قدرة السحب (ملحق 15)، كما يلاحظ من الشكل 18 الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في قدرة السحب، اذ يلاحظ ان زيادة السرعة الامامية للجرار أدت الى زيادة في قدرة السحب اذ اعطت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اقل قدرة سحب بلغت 4.28 كيلو واط، بينما أعطت السرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة سحب بلغت 14.30 كيلو واط، وبلغت قدرة السحب عند السرعة 3.06 كم ساعة<sup>1</sup> 7.56 كيلو واط وبنسبة زيادة بلغت 70% بزيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>. ويعزى سبب زيادة قدرة السحب بزيادة السرعة الى زيادة السرعة العملية للجرار بزيادة السرعة اذ تتناسب السرعة العملية طرديا مع قدرة السحب فضلا عن زيادة قوة السحب بزيادة السرعة نتيجة زيادة تعجيل الكتل الترابية عند الحراثة وزيادة تداخلها واصطدامها مع بعضها مما يزيد من قوة السحب وبالتالي زيادة قدرة السحب بزيادة السرعة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه Kareem and sve (2019) اذ لاحظوا زيادة قدرة السحب بزيادة السرعة من 5 الى 7 كم ساعة<sup>1</sup> بنسبة 27%.



**شكل (18) تأثير السرعة الامامية للجرار في قدرة السحب (كيلو واط)**

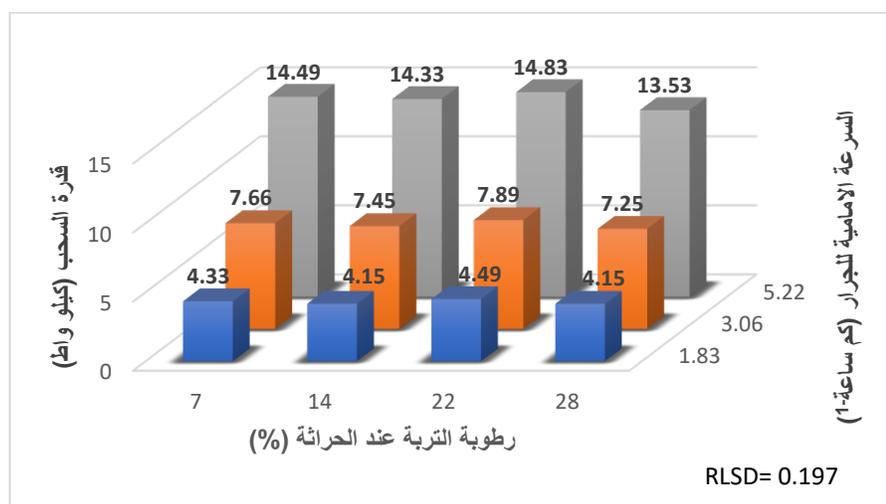
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في قدرة السحب.

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة تأثير معنوي في قدرة السحب كما هو موضح في نتائج التحليل الاحصائي في الملحق (15)، اذ يلاحظ من الشكل 19 ان اعلى قدرة سحب كانت عند رطوبة التربة 22% وبعمق 25 سم بلغت 10.22 كيلو واط، بينما بلغت اقل قدرة سحب 6.83 كيلو واط عند رطوبة التربة 14% وبعمق 15 سم. وهذا يعود الى التأثير المشترك لكل من رطوبة التربة وعمق الحراثة اذ انه عند الرطوبة العالية (22%) والعمق 25 سم تزداد قوة السحب وتقل السرعة العملية بينما انخفضت قوة السحب وازدادت السرعة العملية عند الرطوبة 14% والعمق 15 سم.



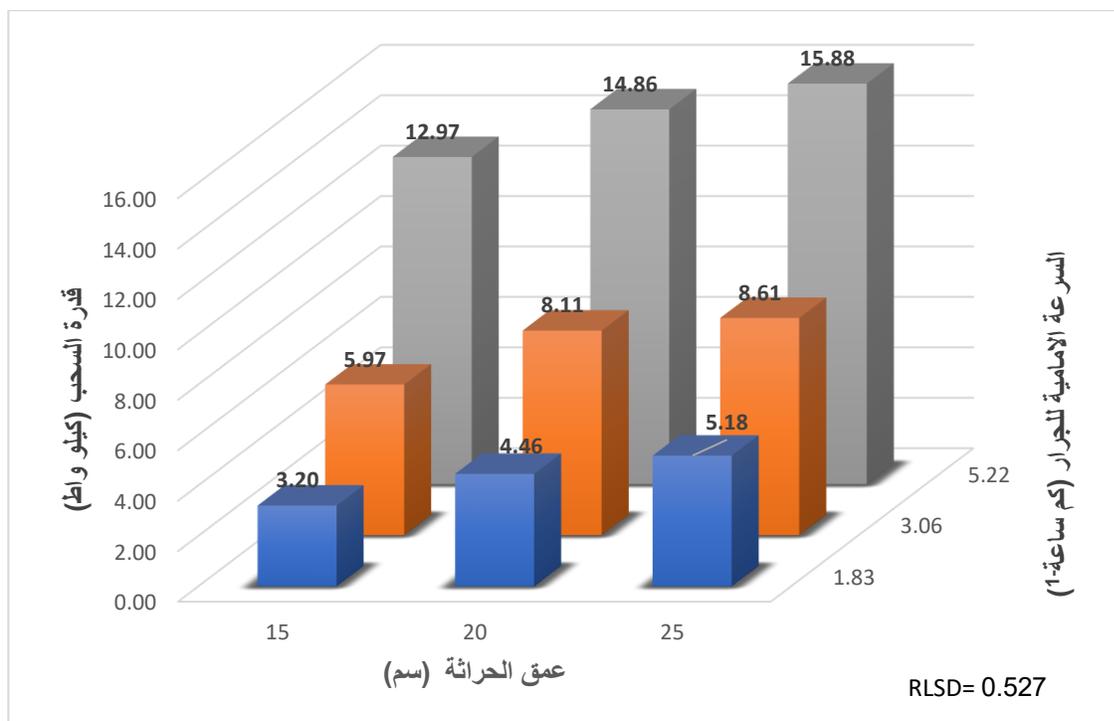
شكل (19) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في قدرة السحب (كيلو واط)

يبين الشكل 20 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب، اذ يلاحظ من الملحق 15 ان هناك تأثير معنوي للتداخل في قدرة السحب عند مستوى احتمال 0.05، اذ اعطت رطوبة التربة 22% مع السرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل قدرة سحب بلغت 14.83 كيلو واط، بينما اعطت رطوبة التربة 14% مع السرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل قدرة سحب بلغت 4.15 كيلو واط. ويعود سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة والسرعة اذ تزداد قدرة السحب بزيادة السرعة الامامية كما تزداد بزيادة قدرة السحب وانخفاض السرعة العملية عند الرطوبات العالية للتربة.



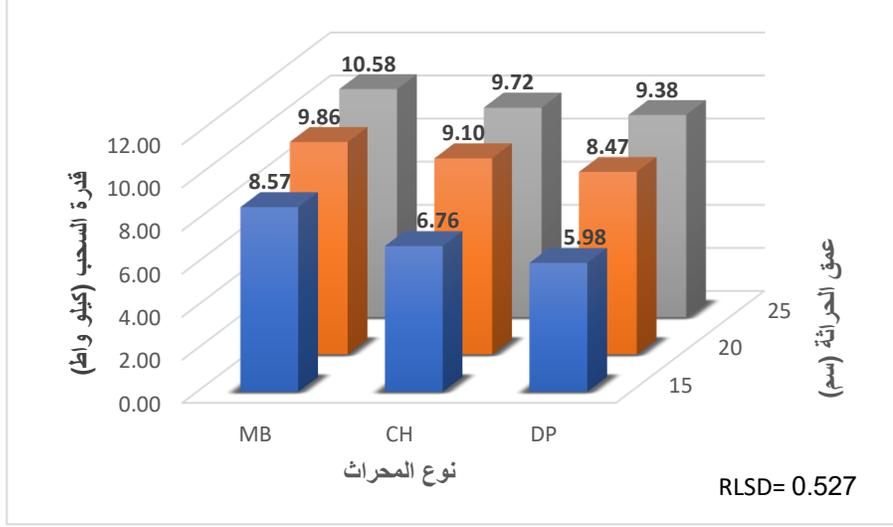
شكل (20) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب (كيلو واط)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 والشكل 21 ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب. اذ اعطى عمق الحراثة 15 سم مع السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اقل قدرة سحب بلغت 3.20 كيلو واط، بينما اعطى عمق الحراثة 25 سم مع السرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة سحب بلغت 15.88 كيلو واط. ويعزى سبب ذلك الى ان قدرة السحب تزداد بزيادة العمق والسرعة.



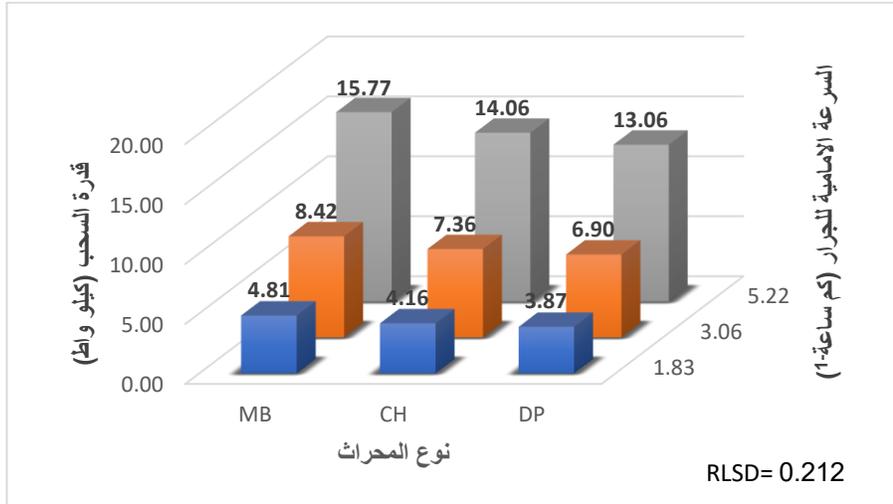
شكل (21) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب (كيلو واط)

وجد ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في قدرة السحب، كما موضح في نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) والشكل 22 اذ يلاحظ ان اقل قدرة سحب بلغت 5.98 كيلو واط عند الحراثة بالمحراث القرصي بعمق 15 سم، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق 25 سم اعلى قدرة سحب بلغت 10.58 كيلو واط. ويعزى سبب ذلك الى طبيعة عمل المحراث القرصي اذ يعمل على تفكيك التربة من خلال فعل دوران الأقراس مما يقلل من قوة السحب وبالتالي انخفاض قدرة السحب، بينما يعمل المحراث المطرحي على رفع وقلب التربة بفعل المطرحة مما يزيد من قوة السحب وقدرتها، كما ان قدرة السحب تزداد بزيادة العمق نتيجة زيادة قوة التربة ومقاومتها.



شكل (22) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في قدرة السحب (كيلو واط)

يبين الشكل 23 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب، اذ يلاحظ من الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في قدرة السحب، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي مع السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بأعطاء اقل قدرة سحب بلغت 3.87 كيلو واط، بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي مع السرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة سحب بلغت 15.77 كيلو واط. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار نتيجة طبيعة عمل كل محراث فضلاً عن زيادة قدرة السحب بزيادة السرعة.



الشكل (23) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب (كيلو واط)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة وكذلك التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار والتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار. بينما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير معنوي عند مستوى احتمال 0.05، اذ يلاحظ من الجدول 5 ان اقل قدرة سحب كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي بعمق 15 سم عند سرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بلغت 2.78 كيلو واط، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب بعمق 25 سم وبسرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة سحب بلغت 16.96 كيلو واط. ويعلل سبب ذلك الى انخفاض قدرة السحب بالمحراث القرصي وتناسبها طردياً مع عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار.

**جدول (5) تأثير التداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب (كيلو واط)**

| نوع المحراث | عمق الحراثة (سم) | سرعة الجرار (كم ساعة <sup>1</sup> ) | سرعة الجرار (كم ساعة <sup>1</sup> ) |
|-------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|             |                  | <b>1.83</b>                         | <b>3.06</b>                         |
|             | <b>15</b>        | 3.83                                | 7.29                                |
| <b>MB</b>   | <b>20</b>        | 4.92                                | 8.88                                |
|             | <b>25</b>        | 5.68                                | 9.09                                |
|             | <b>15</b>        | 3.00                                | 5.60                                |
| <b>CH</b>   | <b>20</b>        | 4.48                                | 8.04                                |
|             | <b>25</b>        | 5.01                                | 8.44                                |
|             | <b>15</b>        | 2.78                                | 5.02                                |
| <b>DP</b>   | <b>20</b>        | 3.98                                | 7.41                                |
|             | <b>25</b>        | 4.85                                | 8.29                                |
| <b>RLSD</b> |                  |                                     | 0.583                               |

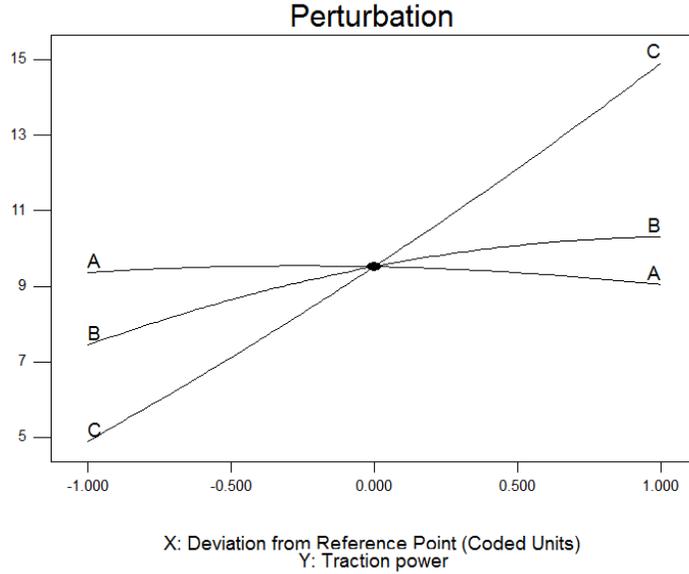
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار.

يلاحظ من الشكل 24 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة المتمثلة برطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في قدرة السحب، اذ يلاحظ من الشكل ان عوامل الدراسة اثرت في قدرة السحب بنسب متفاوتة، اذ ان العامل الأكثر تأثيراً في قدرة السحب هو السرعة الامامية للجرار اثر بنسبة 234% ثم عمق الحراثة بنسبة 39% وكان تأثير الرطوبة متغير بين الزيادة والانخفاض ولجميع المحارث.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Traction power

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

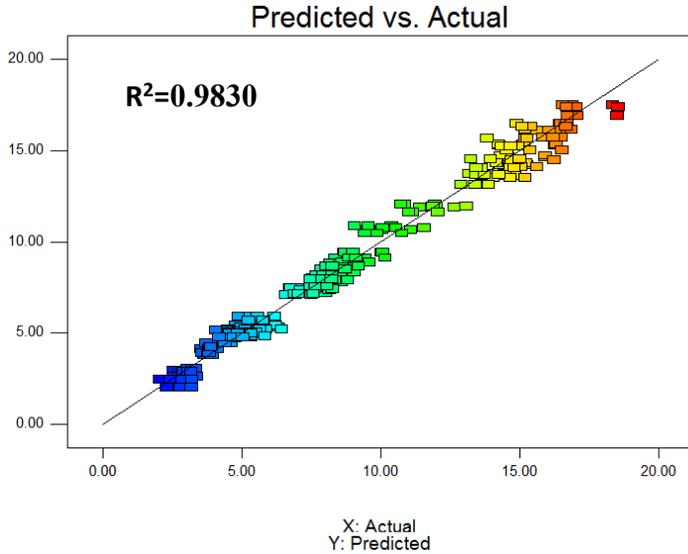


### شكل (24) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الامامية وعمق الحراثة) على قدرة السحب (كيلو واط)

يبين الشكل 25 العلاقة بين قدرة السحب المتوقع بها والمحسوبة حقيقياً، اذ يبين تحليل الانحدار لقدرة السحب تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، اذ يلاحظ ان انتشار البيانات كان بشكل قريب من خط الانحدار وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم قدرة السحب المحسوبة والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2=0.9830$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقيقية. ويبين الجدول 6 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بقدرة السحب باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بقدرة السحب للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Traction power

Color points by value of  
Traction power:  
18.5422  
2.06223



شكل (25) العلاقة بين قدرة السحب المقاسة حقليا والمتنبئ بها

جدول (6) المعادلات التنبؤية بقدرة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | <b>draft power</b> = -12.11380 + 0.16391 * Moisture Content + 1.11244 * Tillage Depth + 1.41994 * Tractor Speed - 2.90737E-003 * Moisture Content * Tillage Depth - 8.65918E-003 * Moisture Content * Tractor Speed + 0.051705 * Tillage Depth * Tractor Speed - 2.87731E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> - 0.025853 * Tillage Depth <sup>2</sup> + 0.13232 * Tractor Speed <sup>2</sup> |
| <b>Chisel Plow</b>    | <b>draft power</b> = -14.30849 + 0.17635 * Moisture Content + 1.20685 * Tillage Depth + 1.10702 * Tractor Speed - 2.90737E-003 * Moisture Content * Tillage Depth - 8.65918E-003 * Moisture Content * Tractor Speed + 0.051705 * Tillage Depth * Tractor Speed - 2.87731E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> - 0.025853 * Tillage Depth <sup>2</sup> + 0.13232 * Tractor Speed <sup>2</sup> |
| <b>Disk Plow</b>      | <b>draft power</b> = -15.14712 + 0.18114 * Moisture Content + 1.25097 * Tillage Depth + 0.89626 * Tractor Speed - 2.90737E-003 * Moisture Content * Tillage Depth - 8.65918E-003 * Moisture Content * Tractor Speed + 0.051705 * Tillage Depth * Tractor Speed - 2.87731E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> - 0.025853 * Tillage Depth <sup>2</sup> + 0.13232 * Tractor Speed <sup>2</sup> |

#### 4. 1. 3. كفاءة السحب Tractive efficiency

تتأثر كفاءة السحب برطوبة التربة عند الحراثة نتيجة تأثيرها على نسبة الانزلاق وقوة السحب، إذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية لرطوبة التربة في كفاءة السحب عند مستوى احتمال 0.05، إذ يلاحظ من الشكل 26 ان رطوبة التربة 14% تفوقت معنوياً بتسجيل اعلى كفاءة سحب بلغت 72.53% ثم تلتها رطوبة التربة 7% إذ اعطت كفاءة سحب بلغت 71.87%، في حين اعطت رطوبات التربة 22 و 28% كفاءة سحب بلغت 70.76% و 62.23% على التوالي. ويعود سبب ذلك الى تأثير كفاءة السحب بقوة السحب والانزلاق كما في المعادلة 13 إذ تتناسب كفاءة السحب عكسياً مع الانزلاق وطردياً مع قوة السحب، كلما زادت قوة السحب وقل الانزلاق ازدادت كفاءة السحب، وبما ان قوة السحب ونسبة الانزلاق انخفضت معنوياً عند رطوبة التربة 14% نتيجة انخفاض قوة التربة نتيجة تساوي التماسك الجزيئي مع التماسك المتأني من الأفلام المائية وبلوغ التربة الحالة الهشة مما يجعلها سهلة التفكك وبالتالي تقل مقاومة التربة وتقل قوة السحب ونسبة الانزلاق وتكون نسبة الزيادة في قوة السحب اعلى من نسبة الانخفاض بنسبة الانزلاق فتزداد كفاءة السحب، بينما عند زيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% سيزداد التماسك المتأني من الأفلام المائية ويزداد التصاق التربة بالمحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث مسبباً زيادة الانزلاق بنسبة اكبر من نسبة الزيادة في قوة السحب وبالتالي انخفاض كفاءة السحب. اما عند رطوبة التربة 7% فإن قوة التربة تكون اقل من الحالة اللزجة واللدنة (28 و 22%) نتيجة سيادة التماسك الجزيئي في الحالة الجافة مما يجعل قوة السحب ونسبة الانزلاق اقل وبالتالي زيادة كفاءة السحب. وتتفق هذه النتيجة مع Kim et al. (2019) و Kim et al. (2021) ودحام (2018) إذ وجدوا ان كفاءة السحب تنخفض بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة وان أفضل كفاءة سحب سجلت عند الحالة الهشة للتربة.



شكل (26) تأثير رطوبة التربة في كفاءة السحب (%)

تبين النتائج لاختبار F في الملحق 15 والشكل 27 ان لنوع المحراث تأثير معنوي في كفاءة السحب. اذ يلاحظ ان اعلى كفاءة سحب سجلت عند الحراثة بالمحراث المطرحي اذ بلغت 69.51% وبدون فارق معنوي مع المحراث الحفار الذي سجل كفاءة سحب بلغت 69.36%، واقل كفاءة سحب سجلت عند الحراثة بالمحراث القرصي بلغت 69.18% وبدون فارق معنوي مع المحراث الحفار. وقد يعزى سبب تفوق المحراث المطرحي والحفار بأعطاء اعلى كفاءة سحب الى اعطاء المحراث اعلى قوة سحب اذ تتناسب كفاءة السحب طردياً مع قوة السحب وبالتالي تكون نسبة الزيادة في قوة السحب اعلى من نسبة الزيادة في نسبة الانزلاق، في حين قلت قدرة السحب مع الحراثة بالمحراث القرصي نتيجة الدوران المحوري لأقراص المحراث مما يسهل حركة المحراث في التربة ويقلل من قوة السحب وبالتالي تكون نسب الزيادة في قوة السحب اقل من نسبة الزيادة في الانزلاق مما أدى الى انخفاض كفاءة السحب.



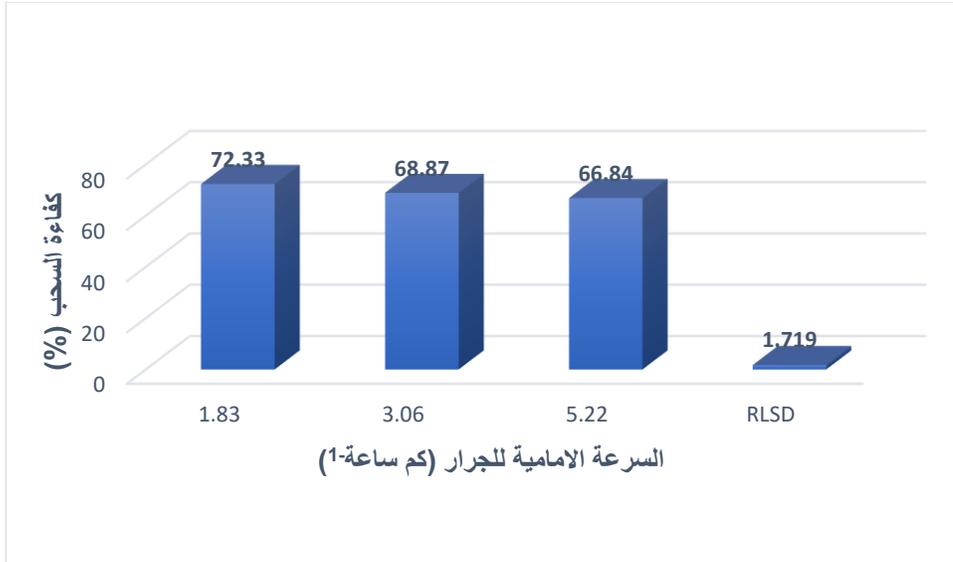
شكل (27) تأثير نوع المحراث في كفاءة السحب (%)

يبين الشكل 28 تأثير عمق الحراثة في كفاءة السحب، اذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية لعمق الحراثة في كفاءة السحب، اذ يلاحظ ان عمق الحراثة 20 سم تفوق معنوياً بأعطاء اعلى كفاءة سحب بلغت 70.51% بينما اعطى كل من عمق الحراثة 15 و 25 سم كفاءة سحب بلغت 69.98% و 67.76% على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة العمق تزداد قوة السحب ونسبة الانزلاق نتيجة زيادة قوة التربة ومقاومتها مع العمق وبالتالي تنخفض كفاءة السحب وان تفوق العمق 20 سم يعزى الى التحسن الطفيف في قوة السحب والانزلاق عند هذا العمق وبالتالي ازدادت قوة السحب بنسبة أكبر من نسبة الزيادة في الانزلاق مما أدى الى زيادة كفاءة السحب عند عمق 20 سم. وتتفق هذه النتائج مع مجيد (2023) اذ لاحظ انخفاض كفاءة السحب بزيادة عمق الحراثة.



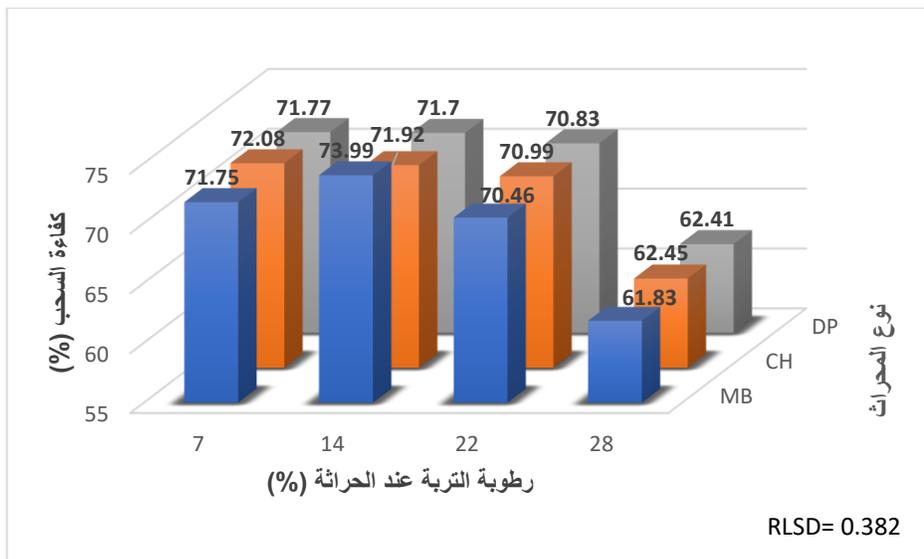
شكل (28) تأثير عمق الحراثة في كفاءة السحب (%)

ان للسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في كفاءة السحب كما موضح في الشكل 29 والملحق 15، اذ يلاحظ ان كفاءة السحب تنخفض بزيادة السرعة الامامية للجرار حيث تفوقت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> معنوياً بأعطاء اعلى كفاءة سحب بلغت 72.33% ثم تلتها السرعة 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اذ بلغت كفاءة السحب 68.87% و 66.84% على التوالي اذ انخفضت كفاءة السحب بزيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> بنسبة 8%. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة تزداد قوة السحب ويزداد الانزلاق نتيجة زيادة تعجيل الكتل الترايبية المفككة وتراكمها امام المحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث اذ ان علاقة كفاءة السحب مع قوة السحب طرديه ومع الانزلاق علاقة عكسية وبالتالي تنخفض كفاءة السحب بزيادة السرعة نتيجة زيادة نسبة الانزلاق بنسبة أكبر من الزيادة بقوة السحب. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه عبد الكريم (2017) ودحام (2018) اذ لاحظوا ان زيادة السرعة الامامية للجرار أدت الى خفض كفاءة السحب.



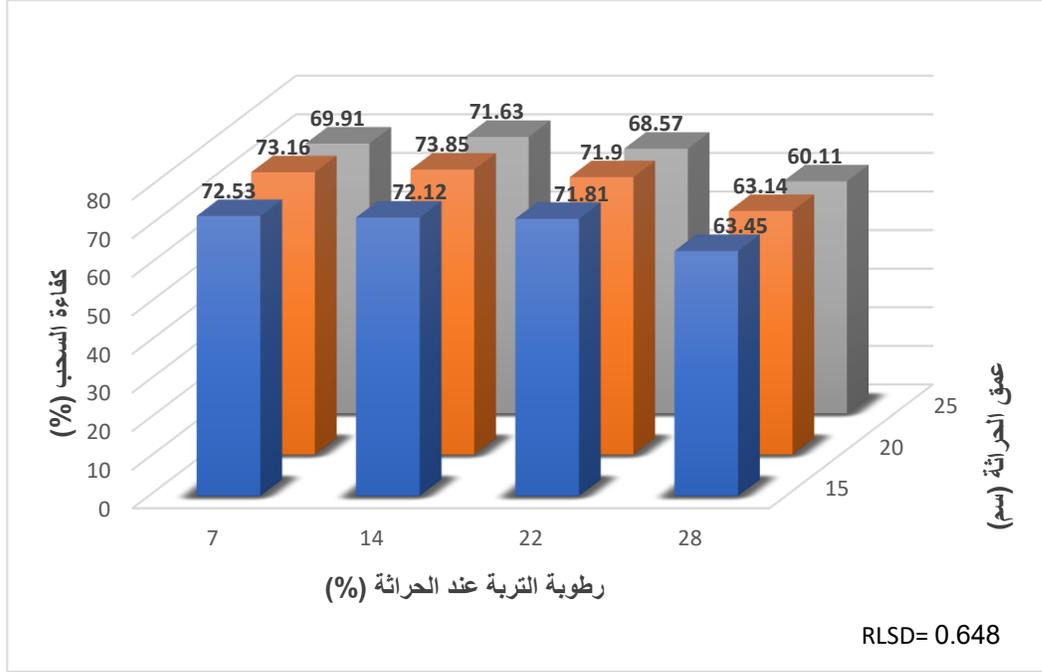
شكل (29) تأثير السرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب (%)

يبين الشكل 30 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في كفاءة السحب، اذ يلاحظ من جدول تحليل التباين لاختبار F من الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في كفاءة السحب، اذ سجلت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة التربة 14% اعلى كفاءة سحب بلغت 73.98% بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% اقل كفاءة سحب بلغت 61.83%. ويعزى سبب ذلك الى تأثير رطوبة التربة ونوع المحراث في كفاءة السحب كما في الشكل 26 و 27 اذ سجلت رطوبة التربة 14% اعلى كفاءة سحب بينما سجلت رطوبة التربة 28% اقل كفاءة سحب.



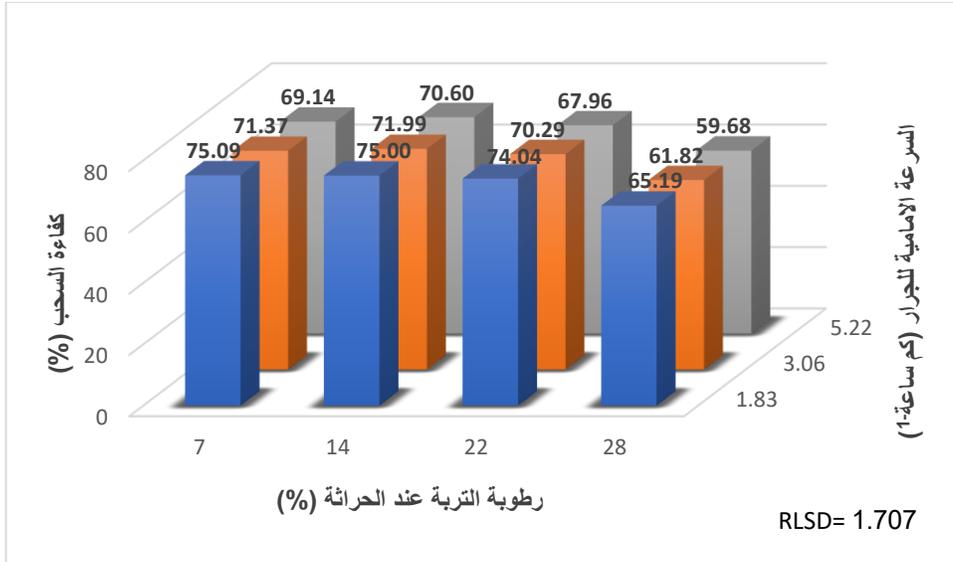
شكل (30) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في كفاءة السحب (%)

وجد ان للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في كفاءة السحب (ملحق 15)، اذ يبين الشكل 31 تأثير التداخل في كفاءة السحب، اذ اعطت معاملة الرطوبة 14% عند عمق حراثة 20 سم اعلى كفاءة سحب بلغت 73.85% في حين اعطت رطوبة التربة 28% عند عمق حراثة 25 سم كفاءة سحب بلغت 60.11%. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة والعمق في كفاءة السحب.



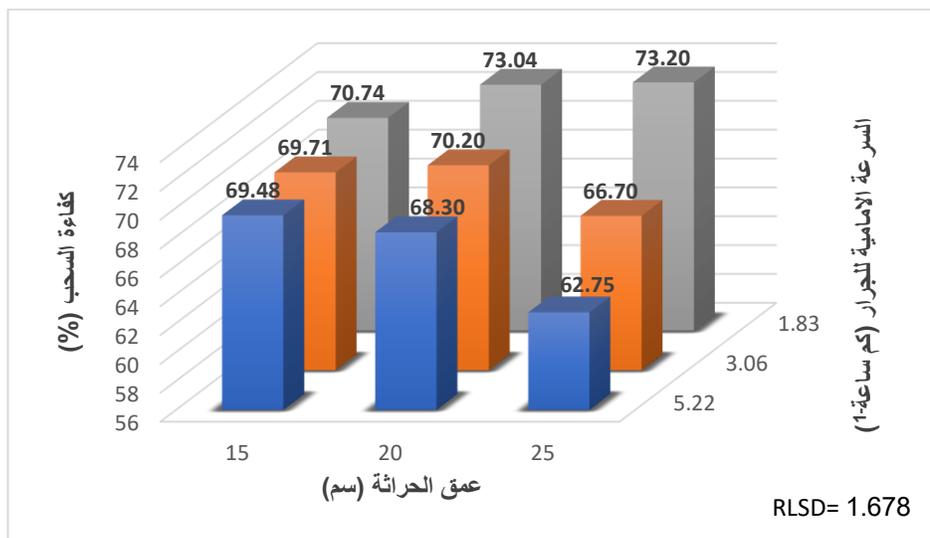
### شكل (31) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في كفاءة السحب (%)

من خلال نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 أظهرت النتائج ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب. اذ يلاحظ من الشكل 32 ان اعلى كفاءة سحب كانت عند رطوبة التربة 7% والسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغت 75.09% وبدون فارق معنوي مع الرطوبة 14% والسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> (75.00%)، واقل كفاءة سحب كانت عند رطوبة تربة 28% وسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغت 59.68%. وهذا يعزى الى تأثير كل من رطوبة التربة والسرعة الامامية في قوة السحب والانزلاق وبالتالي تأثيرها على كفاءة السحب.



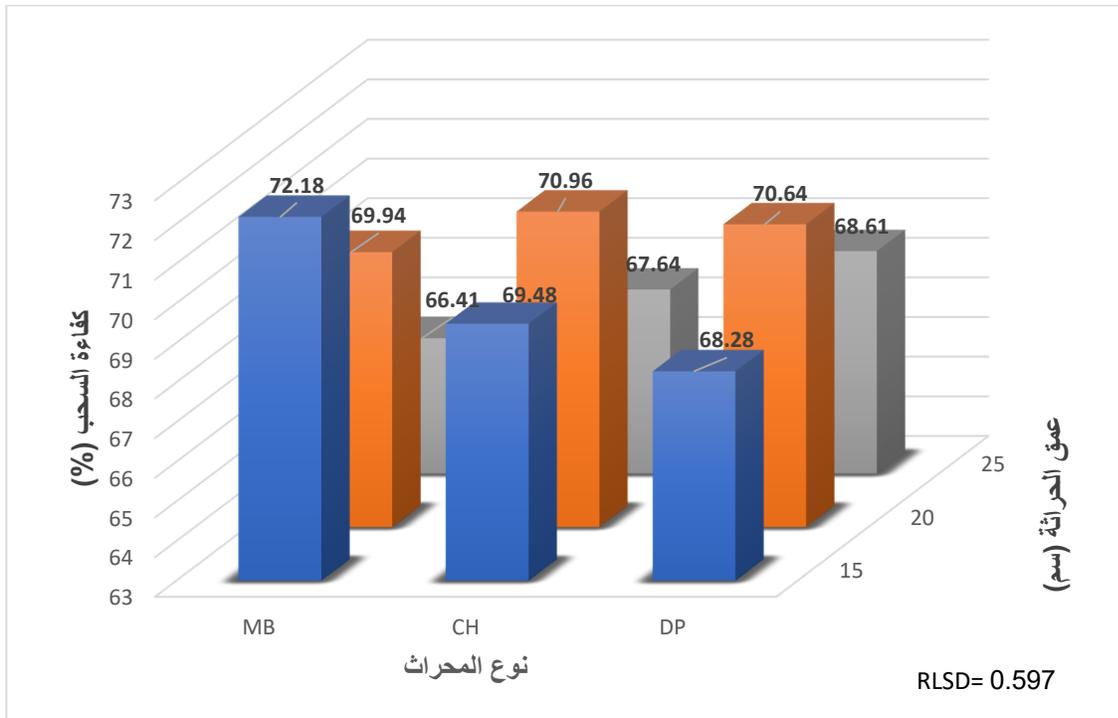
شكل (32) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب (%)

يبين الشكل 33 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار عند مستوى احتمال 0.05، اذ تفوق العمق 25 سم مع السرعة 1.83 كم ساعة-1 بأعطاء اعلى كفاءة سحب بلغت 73.20% بدون فارق معنوي مع العمق 15 سم والسرعة 1.83 كم ساعة-1، واعطى العمق 25 سم مع السرعة 5.22 كم ساعة-1 اقل كفاءة سحب بلغت 62.75%. ويعزى ذلك الى التأثير المشترك لكل من عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب.



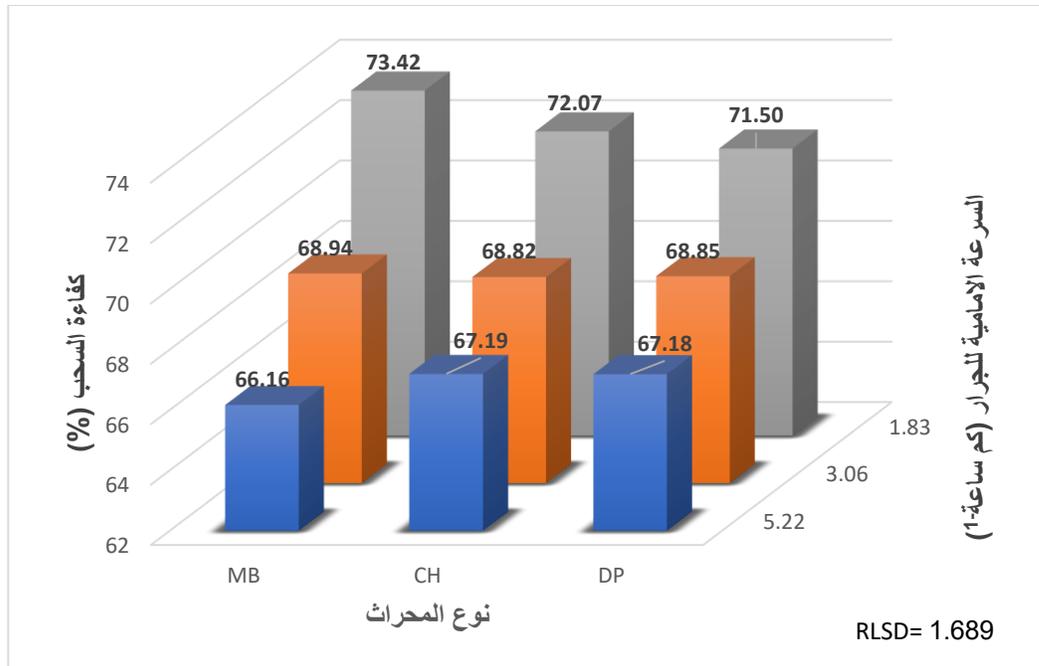
شكل (33) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب (%)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F ان للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في كفاءة السحب (ملحق 15)، اذ يبين الشكل 34 تأثير التداخل في كفاءة السحب، يلاحظ من الشكل تفوق المحراث المطرحي مع العمق 15 سم بأعطاء اعلى كفاءة سحب بلغت 72.18%، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند عمق 25 سم اقل كفاءة سحب بلغت 66.41%. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة العمق تقل كفاءة السحب نتيجة تأثير العمق في قوة السحب والانزلاق.



شكل (34) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في كفاءة السحب (%)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب، اذ يلاحظ من الشكل 35 الذي يبين تأثير التداخل في كفاءة السحب ان اعلى كفاءة سحب كانت عند الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة 1.83 كم ساعة-1 بلغت 73.42% بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة 5.22 كم ساعة-1 اقل كفاءة سحب بلغت 66.16%. ويعزى سبب ذلك الى تأثير السرعة الامامية للجرار ونوع المحراث في كفاءة السحب اذ تنخفض كفاءة السحب بزيادة السرعة.



شكل (35) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب (%)

يلاحظ من الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق التربة في كفاءة السحب. كما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار وكذلك ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب.

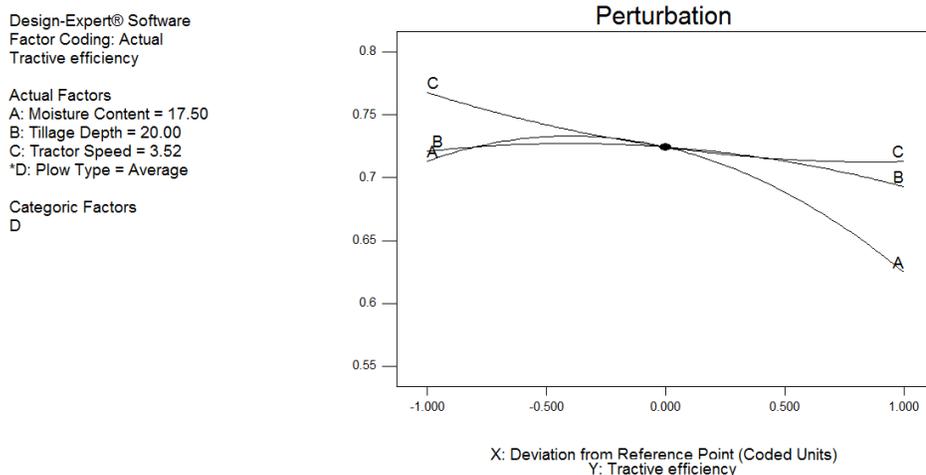
يلاحظ من نتائج تحليل التباين في الملحق 15 والجدول 7 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في كفاءة السحب، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة-1 بأعطاء اعلى كفاءة سحب بلغت 73.86%، بينما اعطت اقل كفاءة سحب بلغت 60.77% عند الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة-1. ويعلل سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب.

جدول (7) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب (%)

| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |       |       | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|--------------------------------------|-------|-------|------------------|
|             | 5.22                                 | 3.06  | 1.83  |                  |
| MB          | 71.06                                | 72.35 | 73.11 | 15               |
|             | 66.64                                | 69.87 | 73.30 | 20               |
|             | 60.77                                | 64.60 | 73.86 | 25               |
| CH          | 69.51                                | 68.91 | 70.01 | 15               |
|             | 69.13                                | 70.40 | 73.36 | 20               |
|             | 62.94                                | 67.14 | 72.84 | 25               |
| DP          | 67.88                                | 67.85 | 69.10 | 15               |
|             | 69.13                                | 70.32 | 72.48 | 20               |
|             | 64.54                                | 68.37 | 72.91 | 25               |
|             | 1.764                                |       |       | RLSD             |

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في كفاءة السحب.

ان لعوامل الدراسة تأثيراً في كفاءة السحب اذ يلاحظ من الشكل 36 ان كل عامل يؤثر بنسبة معينة في كفاءة السحب، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في كفاءة السحب هو رطوبة التربة اذ يؤثر بنسبة 17% ثم السرعة الامامية بنسبة 8% ثم عمق الحراثة بنسبة 5%، وهذا يدل على ان لرطوبة التربة تأثير كبير في قياس كفاءة السحب للجرار اذ تتأثر كفاءة السحب بتغير رطوبة التربة نتيجة تأثيرها على الانزلاق والمحاويز الثلاثة اخذت نفس المسار.

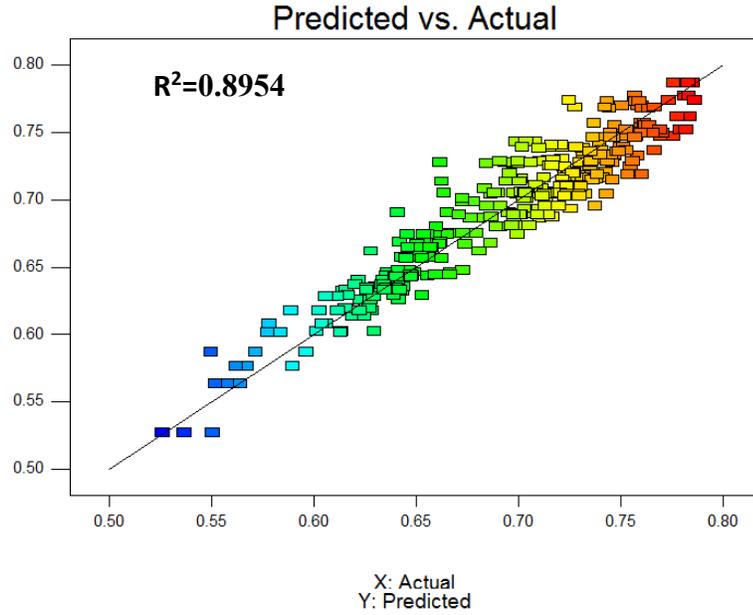


الشكل (36) تأثير عوامل الدراسة في كفاءة السحب

يلاحظ من الشكل 37 الذي يبين العلاقة بين كفاءة السحب المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً، ان هناك علاقة ما بين القيم المحسوبة حقلياً والقيم المتنبئ بها باستخدام برنامج Design Expert اذ بين تحليل الانحدار لكفاءة السحب تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات حول خط الانحدار مناسب وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم كفاءة السحب المحسوبة والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2=0.8954$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية للتنبؤ بكفاءة السحب. ويبين الجدول 8 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بكفاءة السحب باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بكفاءة السحب للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Tractive efficiency

Color points by value of  
Tractive efficiency :



شكل (37) العلاقة بين كفاءة السحب المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً

## جدول (8) المعادلات التنبؤية بكفاءة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{draft efficiency} = +0.42918 + 0.014503 * \text{Moisture Content} + 0.032232 * \text{Tillage Depth} - 7.84464\text{E-}003 * \text{Tractor Speed} - 7.14326\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 2.44350\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 2.59976\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} - 5.02606\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 - 6.99225\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 5.53722\text{E-}003 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{draft efficiency} = +0.31708 + 0.015010 * \text{Moisture Content} + 0.036159 * \text{Tillage Depth} - 9.90262\text{E-}004 * \text{Tractor Speed} - 7.14326\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 2.44350\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 2.59976\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} - 5.02606\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 - 6.99225\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 5.53722\text{E-}003 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{draft efficiency} = +0.26478 + 0.015128 * \text{Moisture Content} + 0.038331 * \text{Tillage Depth} + 4.67152\text{E-}004 * \text{Tractor Speed} - 7.14326\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 2.44350\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 2.59976\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} - 5.02606\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 - 6.99225\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 5.53722\text{E-}003 * \text{Tractor Speed}^2$ |

### 4.1.4. النسبة المئوية للانزلاق Slipping percentage

يلاحظ من الملحق 15 الذي يبين نتائج تحليل التباين ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في نسبة الانزلاق للجرار، اذ يبين الشكل 38 تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق، اذ تفوقت رطوبة التربة 14% معنوياً بأعطاء اقل نسبة انزلاق بلغت 12.39% في حين ازداد الانزلاق عند الرطوبة 7 و 22 و 28% بنسبة 12.43 و 29.78 و 116.63% على التوالي اذ بلغت قيم الانزلاق 13.93 و 16.08 و 26.84% للرطوبات 7 و 22 و 28% على التوالي، ويعود سبب ذلك الى ان عند الحالة الجافة للتربة (7%) تكون قوة التربة عالية نتيجة زيادة التماسك الجزيئي للتربة مما يزيد من مقاومة التربة للحراثة وبالتالي زيادة قوة السحب وانخفاض السرعة العملية للجرار وزيادة الانزلاق، بينما عند زيادة الرطوبة الى 14% يقل التماسك الجزيئي للتربة نتيجة وجود اغشيه مائية حول دقائق التربة مما يقلل من قوة التربة ويقلل تماسكها فيقل الانزلاق، وبزيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% سيزداد التماسك المتأني من الأفلام المائية في التربة ويقل التماسك بين التربة واطار الجرار نتيجة وجود الماء ما بين التربة والاطار وزيادة التصاق التربة بالاطار

والمحراث مما يزيد من قوة السحب وبالتالي زيادة انزلاق الجرار، وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه Jebur and Alsayyah (2017) اذ لاحظا زيادة الانزلاق بزيادة رطوبة التربة نتيجة وجود طبقة شبه زيتيه بين عجلات الجرار والتربة مما يسبب إزاحة التربة بشكل أسرع وزيادة الانزلاق.



شكل (38) تأثير رطوبة التربة في النسبة المئوية للانزلاق (%)

يبين الشكل 39 تأثير نوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق، اذ يلاحظ ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في النسبة المئوية للانزلاق (الملحق 15)، اذ تفوق المحراث القرصي في باعطاء اقل نسبة انزلاق بلغت 15.89%، بينما اعطى المحراث المطرحي والمحراث الحفار نسبة انزلاق 19.02 و 17.02% على التوالي، ويعزى سبب ذلك الى طبيعة عمل المحراث القرصي وتصميمه اذ يحتوي على أقراص دوارة تدور عند وجود أي مقاومة في التربة فضلا عن وجود القاشطات التي تعمل على تنظيف الأقراص من التربة الملتصقة بالأقراص مما يقلل من الجهد على المحراث وبالتالي انخفاض نسبة الانزلاق، بينما يعمل المحراث المطرحي على شق ورفع وقلب التربة التي تزيد من مقاومة التربة للمحراث وبالتالي زيادة الانزلاق وكذلك المحراث الحفار يعمل على شق التربة وتفكيكها دون قلبها مما قلل من مقاومة التربة على المحراث مقارنة بالمحراث المطرحي وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه Alameri and Almaliki (2022).



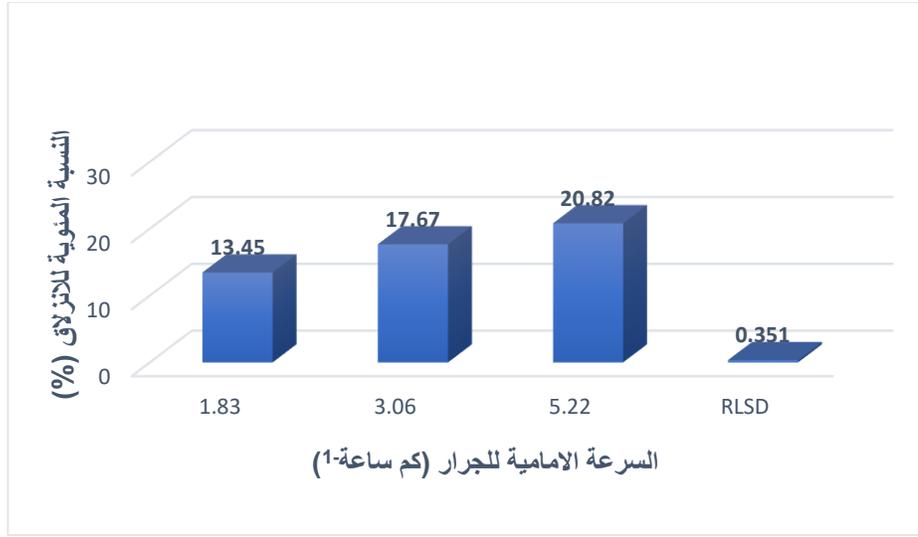
شكل (39) تأثير نوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق (%)

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق 15 ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في نسبة انزلاق عجلات الجرار عند مستوى احتمال 0.05، اذ يلاحظ من الشكل 40 ان زيادة عمق الحراثة أدت الى زيادة الانزلاق اذ بلغ 12.52 و 17.10 و 22.32% للأعماق 15 و 20 و 25 سم على التوالي وبنسبة زيادة 43% عند زيادة عمق الحراثة من 15 الى 25 سم، وهذا يعود الى زيادة الحمل على الجرار وزيادة تماسك التربة وكثافتها الظاهرية بزيادة عمق التربة مما يزيد من قوة السحب وزيادة الانزلاق، وهذا يتفق مع النتائج التي توصل اليها Aridhee et al. (2020).



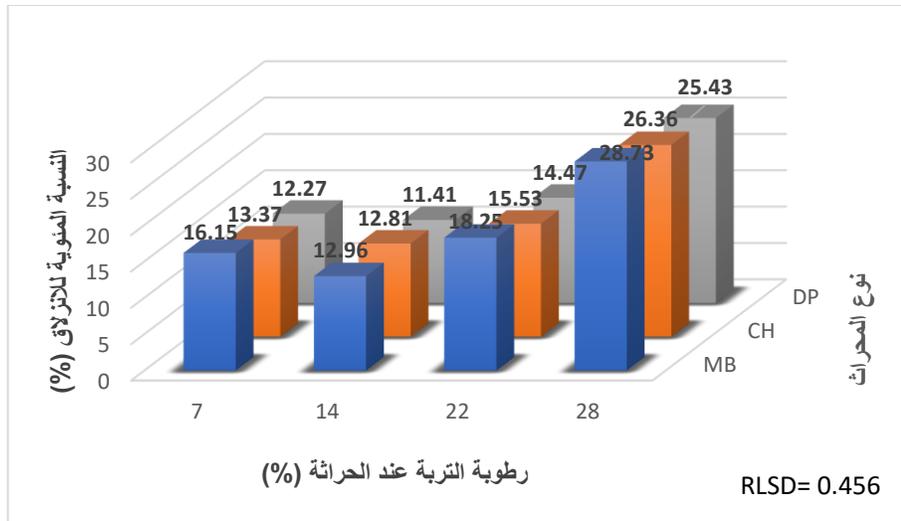
شكل (40) تأثير عمق الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق (%)

يلاحظ من الشكل 41 الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق، وجدول تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15 ان للسرعة تأثير عالي المعنوية عند مستوى احتمال 0.05 في نسبة الانزلاق للجرار، اذ ازدادت نسبة الانزلاق بزيادة السرعة من 1.83 الى 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اذ بلغت 13.45 و 17.67 و 20.82% على التوالي (بنسبة زيادة 54.79% عند زيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>)، ويعود سبب ذلك الى زيادة تعجيل الكتل الترابية بزيادة السرعة مما يزيد من مقاومة التربة للحراثة وبالتالي زيادة الانزلاق. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه مجيد (2023) اذ لاحظ زيادة النسبة المئوية للانزلاق بزيادة السرعة الامامية للجرار.



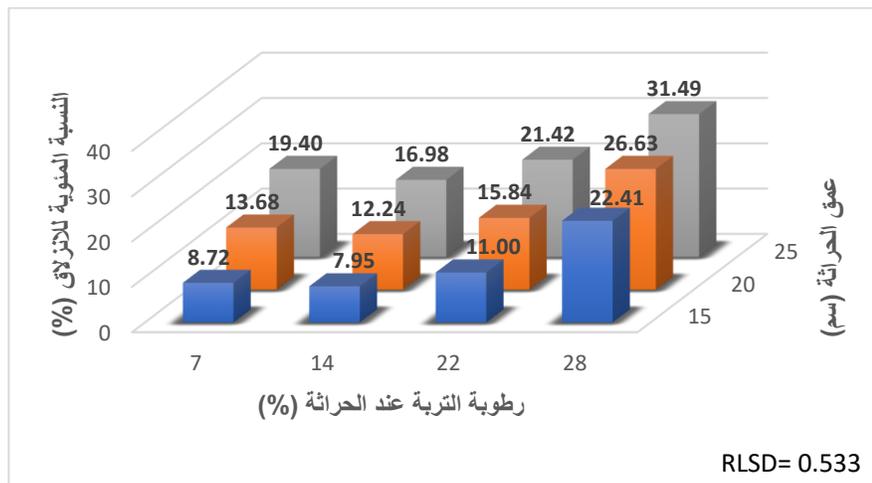
شكل (41) تأثير السرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق (%)

يبين الشكل 42 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق، اذ يلاحظ من الملحق 15 ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق، اذ اعطت رطوبة التربة 14% مع المحراث القرصي اقل نسبة انزلاق بلغت 11.41%، واعطت رطوبة التربة 28% عند الحراثة بالمحراث المطرحي اعلى نسبة انزلاق بلغت 28.73%. ويعود سبب ذلك الى ان الحراثة بالمطرحي القلاب عند رطوبة التربة 28% أدت الى زيادة التصاق التربة بالمحراث نتيجة فعل المحراث من رفع وقلب التربة فضلا عن زيادة تماسك التربة المتأني من الأفلام المائية مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وبالتالي زيادة الانزلاق. بينما وجود القاشطات في المحراث القرصي ورطوبة التربة المناسبة التي يكون فيها التماسك الجزيئي والتماسك المتأني من الأفلام المائية متساويان عندها تكون التربة هشة وسهلة التفكيك مما يقلل من مقاومة التربة وبالتالي انخفاض الانزلاق.



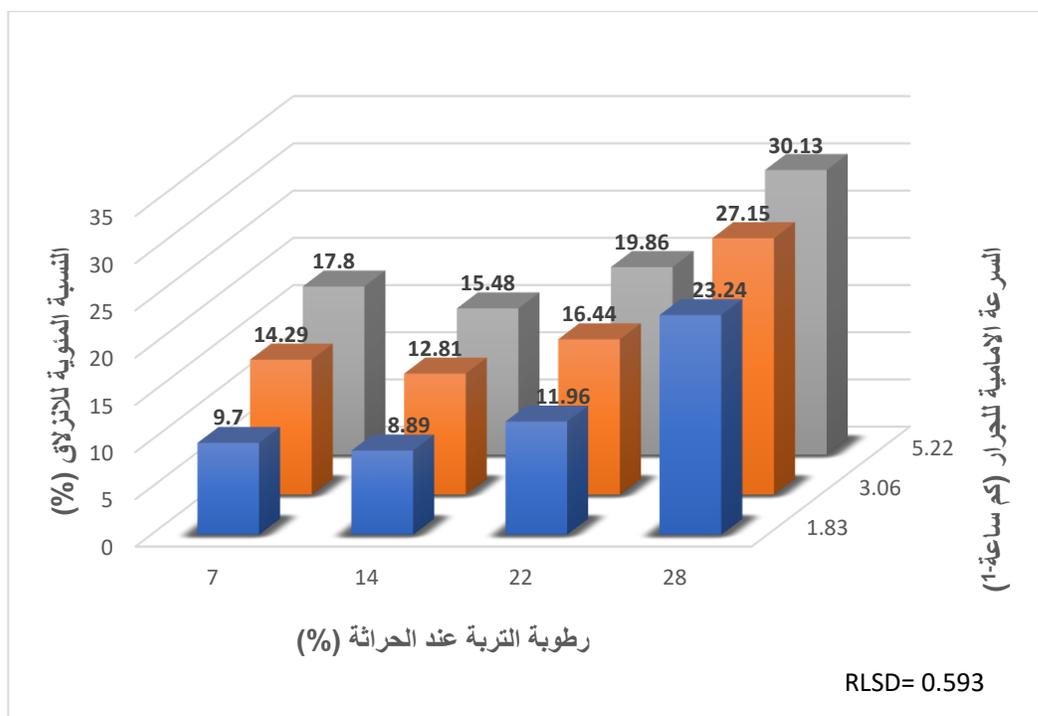
شكل (42) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق (%)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في نسبة الانزلاق، يلاحظ من الشكل 43 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في النسبة المئوية للانزلاق، اذ اعطت اعلى قيمة لنسبة الانزلاق بلغت 31.49% عند رطوبة التربة 28% وعمق حراثة 25 سم، و اقل نسبة انزلاق عند رطوبة تربة 14% وعمق حراثة 15 سم بلغت 7.95%. ويعود سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة والعمق اذ ان زيادة رطوبة التربة مع زيادة العمق تؤدي الى زيادة تماسك التربة وزيادة مقاومتها للمحراث كما تسبب زيادة التصاق التربة بالمحراث مما يزيد من الحمل على الجرار وبالتالي زيادة الانزلاق، بينما يحصل العكس عند رطوبة التربة 14% بانخفاض عمق الحراثة.



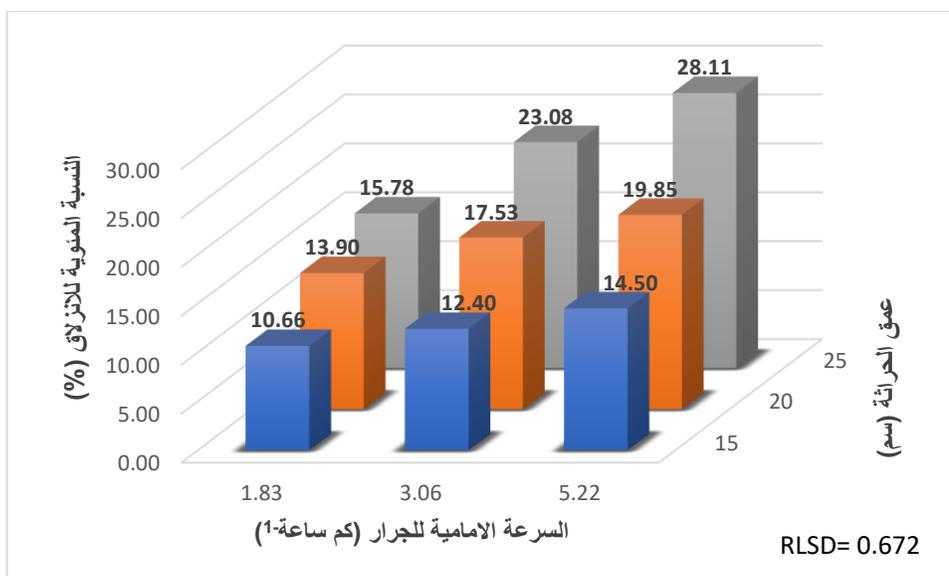
شكل (43) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في نسبة الانزلاق (%)

وجد ان تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار عالي المعنوية في نسبة الانزلاق كما موضح في الملحق 15 والشكل 44 اذ يلاحظ ان رطوبة التربة 14% عند السرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> تفوقت معنوياً بأعطاء اقل نسبة انزلاق للمحراث بلغت 8.89%، في حين اعطت رطوبة التربة 28% بسرعة حراثة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى نسبة انزلاق بلغت 30.13%. ويعود سبب هذا الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق.



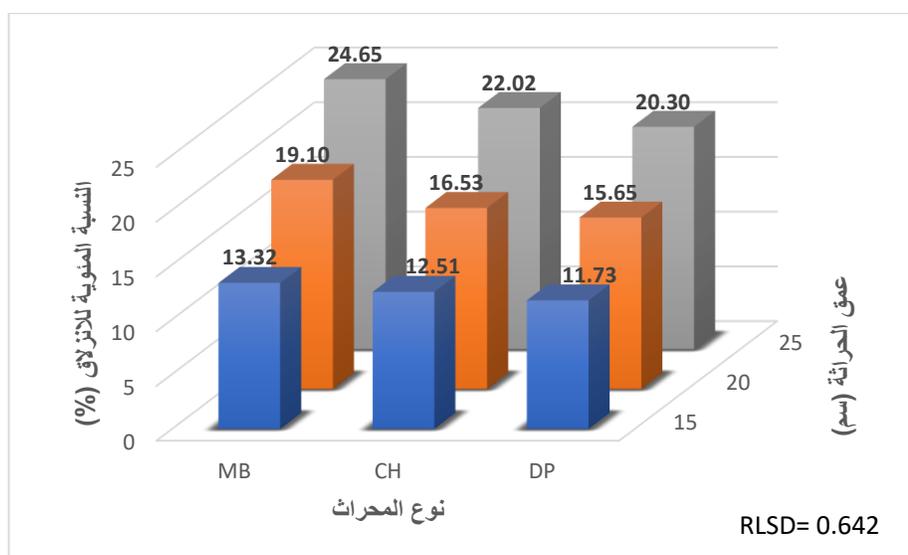
شكل (44) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في نسبة الانزلاق (%)

يلاحظ من جدول تحليل التباين (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق. اذ يلاحظ من الشكل 45 ان بزيادة عمق الحراثة مع السرعة ازدادت نسبة الانزلاق اذ بلغت 28.11% عند عمق 25 سم وسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> والعكس صحيح اذ انخفضت نسبة الانزلاق بانخفاض عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار اذ بلغت 10.66% عند عمق 15 سم وسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup>. وهذا بسبب التأثير المشترك لكل من عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق.



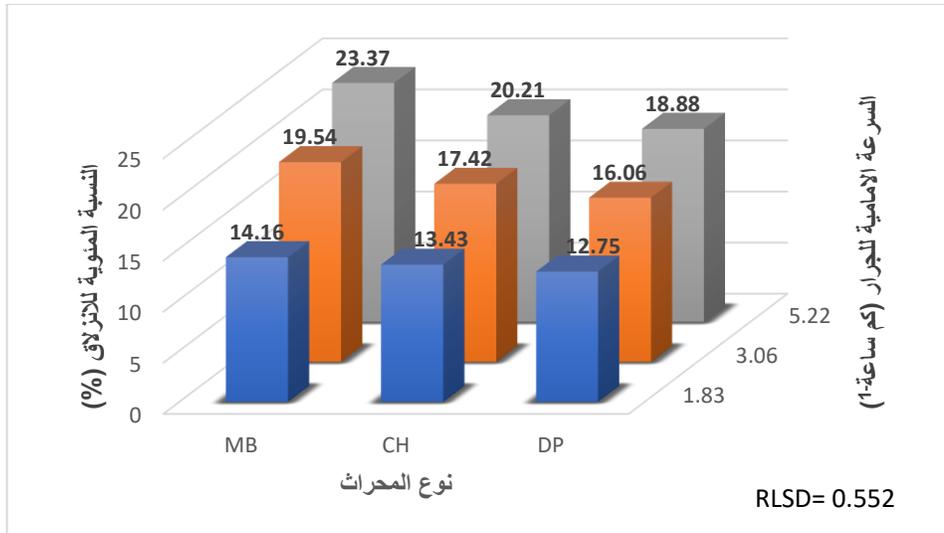
شكل (45) تأثير التداخل ما بين عمق الحرث والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق (%)

يبين الشكل 46 تأثير التداخل لكل من عمق الحرث ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق، اذ يلاحظ من بيانات التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان التداخل ما بين عمق الحرث ونوع المحراث كان عالي المعنوية اذ اعطت الحرث بالمحراث المطرحي القلاب عند عمق 25 سم اعلى نسبة انزلاق بلغت 24.65%، بينما اعطت اقل نسبة انزلاق بلغت 11.73% عند الحرث بالمحراث القرصي عند عمق 15 سم. وهذا بسبب طبيعة عمل كل من المحراث المطرحي والقرصي فضلاً عن تأثير عمق الحرث في نسبة الانزلاق.



شكل (46) تأثير التداخل ما بين عمق الحرث ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق (%)

يلاحظ من جدول تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في نسبة الانزلاق اذ يبين الشكل 47 تأثير التداخل في النسبة المئوية للانزلاق، اذ اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى نسبة انزلاق بلغت 23.37%. بينما اعطت الحراثة بالمحراث القرصي عند سرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل نسبة انزلاق بلغت 12.75%. وهذا يعود الى تأثير كل من نوع المحراث والسرعة الامامية في النسبة المئوية للانزلاق.



**شكل (47) تأثير التداخل ما بين السرعة الامامية للجرار ونوع المحراث في النسبة المئوية للانزلاق (%)**  
تبين نتائج التحليل الاحصائي في ملحق 15 ان التداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة غير معنوي في النسبة المئوية للانزلاق. كما بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) عدم وجود تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار وكذلك التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق.

بينما بينت النتائج في الجدول 9 والملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق، اذ اعطت الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق حراثة 15 سم وبسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل نسبة انزلاق بلغت 9.96%، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب عند عمق 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى نسبة انزلاق بلغت 31.36%. وهذا يعود الى تأثير عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار اذ يتناسبان طردياً مع نسبة الانزلاق وكذلك طبيعة عمل كل محراث لها تأثير في نسبة الانزلاق.

جدول (9) تأثير التداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق (%)

| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة-1) |       |       | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|-------------------------|-------|-------|------------------|
|             | 5.22                    | 3.06  | 1.83  |                  |
| MB          | 15.81                   | 12.84 | 11.30 | 15               |
|             | 22.92                   | 19.29 | 15.10 | 20               |
|             | 31.36                   | 26.49 | 16.10 | 25               |
| CH          | 14.11                   | 12.69 | 10.72 | 15               |
|             | 18.70                   | 17.24 | 13.66 | 20               |
|             | 27.81                   | 22.32 | 15.92 | 25               |
| DP          | 13.57                   | 11.66 | 9.96  | 15               |
|             | 17.94                   | 16.08 | 12.95 | 20               |
|             | 25.14                   | 20.43 | 15.34 | 25               |
|             | 1.128                   |       |       | RLSD             |

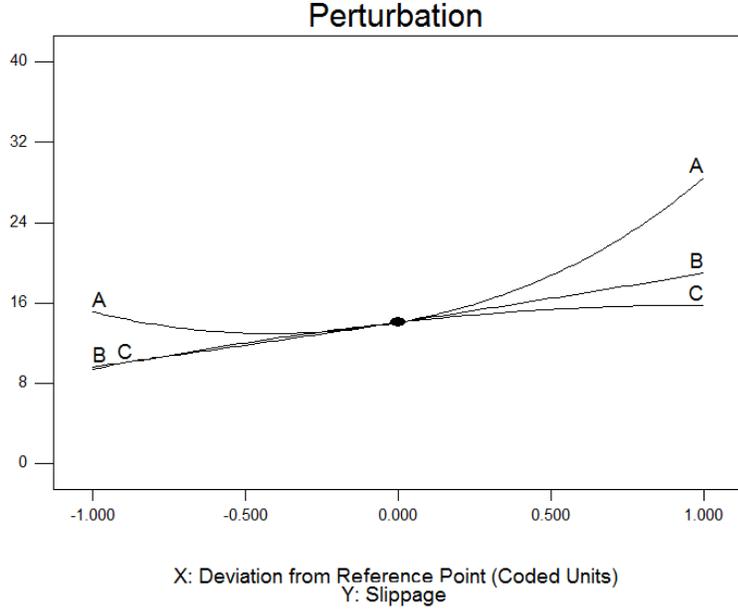
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في النسبة المئوية للانزلاق.

ان لرطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثيراً متفاوتاً في النسبة المئوية للانزلاق، اذ يبين الشكل 48 تأثير عوامل الدراسة في نسبة الانزلاق، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في نسبة الانزلاق هو رطوبة التربة اذ بلغت نسبة التغير 127% تلتها عمق الحراثة بنسبة 78% ثم السرعة الامامية بنسبة 54% على التوالي، وهذا يدل على ان رطوبة التربة تلعب دوراً كبيراً في التأثير على نسبة الانزلاق عند الحراثة اذ تتأثر نسبة الانزلاق بتغير رطوبة التربة، ويأتي بعده عامل العمق ثم السرعة، واخذت معاملات الحراثة لأنواع المحارث الثلاث نفس السلوك.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Original Scale  
Slippage

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

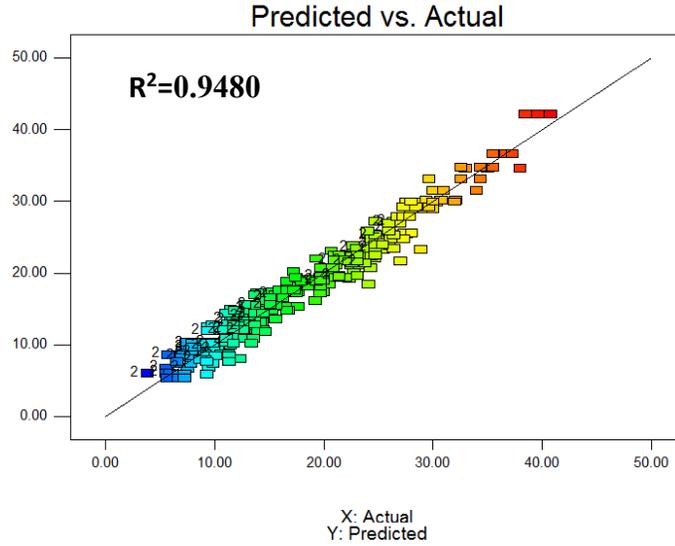


**شكل (48) الأهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، السرعة الأمامية وعمق الحراثة) في نسبة الانزلاق (%)**

يبين الشكل 49 بيانات تحليل الانحدار للنسبة المئوية للانزلاق تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة. إذ يلاحظ أن انتشار البيانات حول خط الانحدار جيد إذ بلغ معامل التحديد  $R^2=0.9480$  مما يدل على أن هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 10 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بالنسبة المئوية للانزلاق باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث، إذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بنسبة الانزلاق للمحراث من خلال إدخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Slippage

Color points by value of  
Slippage :  
40.7931  
3.84262



شكل (49) العلاقة بين نسبة الانزلاق المحسوبة والمتنبى بها

جدول (10) المعادلات التنبؤية بنسبة الانزلاق لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type             | Final Equation  |
|-----------------------|---|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Slippage} = + 0.37905 - 0.14496 * \text{Moisture Content} + 0.13579 * \text{Tillage Depth} + 0.53164 * \text{Tractor Speed} - 2.27608\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 4.56678\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.021333 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 7.84073\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 - 8.12174\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 - 0.079475 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Slippage} = + 0.76250 - 0.14489 * \text{Moisture Content} + 0.11825 * \text{Tillage Depth} + 0.45810 * \text{Tractor Speed} - 2.27608\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 4.56678\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.021333 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 7.84073\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 - 8.12174\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 - 0.079475 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Slippage} = + 0.71607 - 0.14150 * \text{Moisture Content} + 0.11192 * \text{Tillage Depth} + 0.44971 * \text{Tractor Speed} - 2.27608\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 4.56678\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.021333 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 7.84073\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 - 8.12174\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 - 0.079475 * \text{Tractor Speed}^2$ |

#### 4. 1. 5. القدرة المفقودة بالانزلاق Power losses

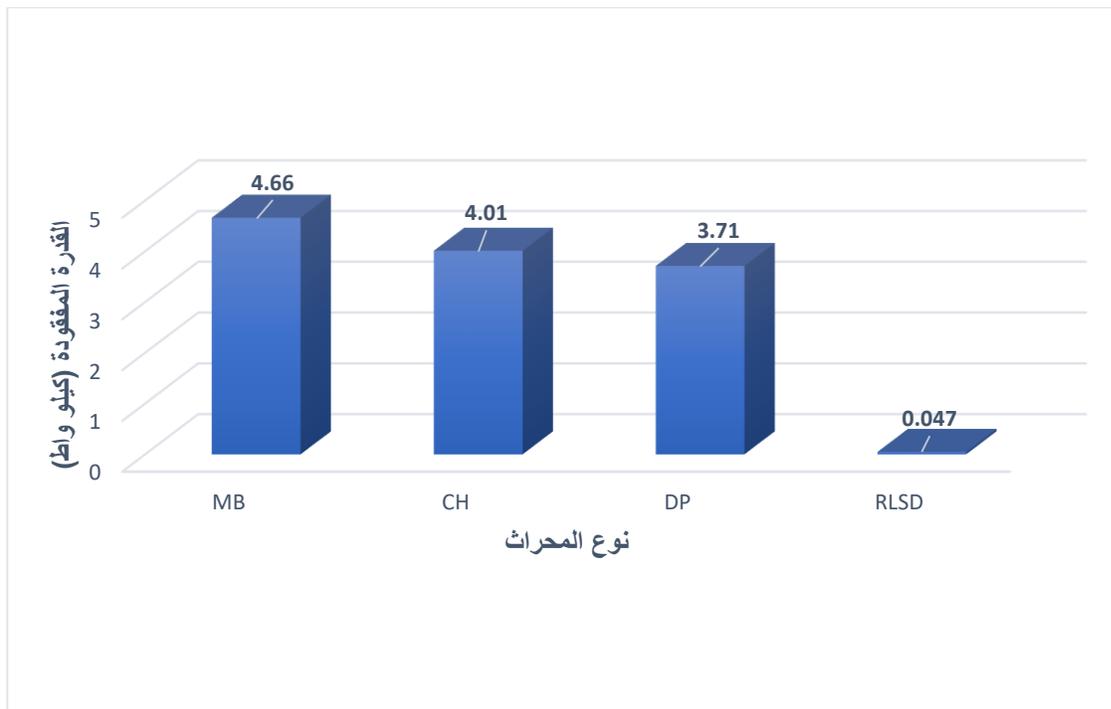
ان لرطوبة التربة تأثير في القدرة المفقودة نتيجة تأثرها بنسبة الانزلاق. اذ يبين الشكل 50 تأثير رطوبة التربة في القدرة المفقودة بالانزلاق، اذ يلاحظ من جدول تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ تفوقت رطوبة التربة 14% معنوياً بأعطاء اقل قدرة مفقودة بلغت 3.42 كيلو واط بينما اعطت اعلى قدرة المفقودة عند رطوبة التربة 28% بلغت 5.35 كيلو واط، واعطت رطوبة التربة 7 و22% قدرة مفقودة بلغت 3.71 و4.03 كيلو واط على التوالي. ويعود سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى الانخفاض في قوة السحب والنسبة المئوية للانزلاق نتيجة انخفاض قوة التربة ومقاومتها للاختراق مما يقلل من القدرة المفقودة، في حين ان زيادة الرطوبة عند 28% أدى الى زيادة التصاق التربة بالمحراث وزيادة تماسك التربة المتأني من الأفلام المائية وقلة التماسك ما بين الإطار والتربة نتيجة وجود طبقة شبه زيتية للماء ما بين التربة والإطار مسببة زيادة انزلاق عجلات الجرار وبالتالي زيادة القدرة المفقودة. وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته دحام (2018) اذ لاحظ ان اقل نسبة انزلاق سجلت عند رطوبة التربة 14-17% مما يقلل من القدرة المفقودة عند هذه الرطوبة.



شكل (50) تأثير رطوبة التربة في القدرة المفقودة (كيلو واط)

ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة (الملحق 15) اذ يلاحظ من الشكل 51 الذي يبين تأثير نوع المحراث في القدرة المفقودة، ان الحراثة بالمحراث القرصي اعطت اقل قدرة مفقودة بلغت 3.71 كيلو واط، ثم تلتها الحراثة بالمحراث الحفار اذ اعطت قدرة مفقودة بلغت 4.01 كيلو واط، في حين اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب اعلى فقد بالقدرة بلغ 4.66 كيلو واط. ويعزى سبب تفوق المحراث

القرصي الى قابلية المحراث على تقليل قوة السحب والانزلاق من خلال دوران الأقراص وتنظيفها من التربة الملتصقة نتيجة وجود القاشطات مما يؤدي الى خفض نسبة الانزلاق وبالتالي انخفاض القدرة المفقودة بالانزلاق، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي الى زيادة الفقد بالقدرة نتيجة طبيعة عمل المحراث من رفع وقلب التربة مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وزيادة قوة السحب وبالتالي زيادة الانزلاق والقدرة المفقودة. اما المحراث الحفار فيعمل على شق التربة وتفكيكها دون قلبها مما جعل الفقد بالقدرة اقل من المحراث المطرحي. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه شمخي (2023) اذ لاحظ تفوق المحراث القرصي بتسجيل اقل نسبة انزلاق.



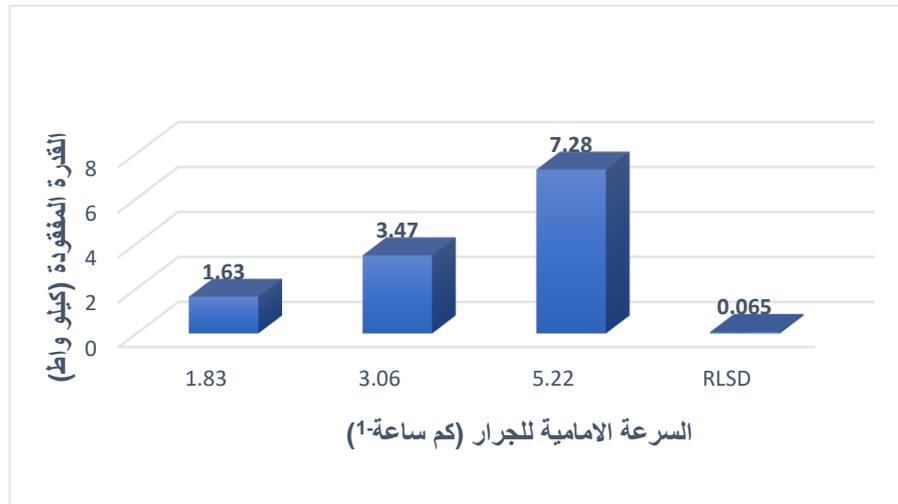
شكل (51) تأثير نوع المحراث في القدرة المفقودة (كيلو واط)

أظهرت نتائج اختبار F في الملحق 15 ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة بالانزلاق، اذ يبين الشكل 52 تأثير عمق الحراثة في القدرة المفقودة، اذ يلاحظ ان القدرة المفقودة تزداد معنوياً بزيادة عمق الحراثة اذ تفوق العمق 15 سم بأعطاء اقل فقد بالقدرة بلغ 3.08 كيلو واط بينما بلغت القدرة المفقودة عند الأعماق 20 و 25 سم 4.04 و 5.26 كيلو واط على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة التربة نتيجة زيادة التماسك ومقاومة الاختراق وبالتالي زيادة مقاومة التربة وقوة السحب والانزلاق مما يزيد من القدرة المفقودة، وهذا يتفق مع ما توصل اليه (Aridhee et al. 2020).



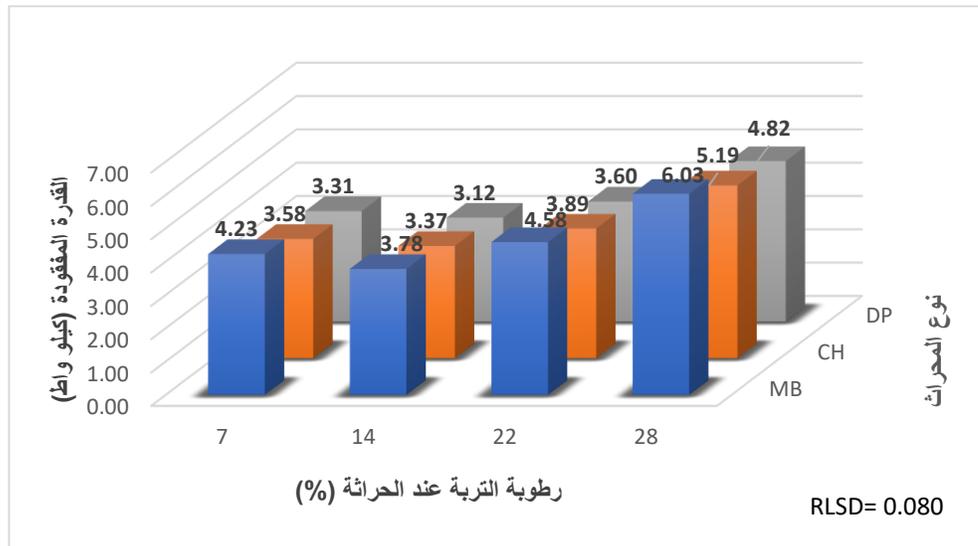
شكل (52) تأثير عمق الحراثة في القدرة المفقودة (كيلو واط)

يبين الشكل 53 تأثير السرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة بالانزلاق، اذ يلاحظ من الملحق 15 ان للسرعة الامامية تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ تفوقت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بأعطاء اقل قدرة مفقودة بلغت 1.63 كيلو واط، واعطت السرعة 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> قدرة مفقودة بلغت 3.47 و 7.28 كيلو واط على التوالي. يلاحظ من النتائج ان القدرة المفقودة تزداد بزيادة السرعة الامامية للجرار وهذا يعود الى ان بزيادة السرعة تزداد مقاومة التربة للحراثة نتيجة زيادة تفكيك التربة وتجمع الكتل الترابية امام المحراث مما يزيد من قوة السحب والانزلاق وبالتالي زيادة القدرة المفقودة. وهذا ما وجده عبد الكريم (2017) اذ لاحظ ان القدرة المفقودة بالانزلاق ازدادت بزيادة السرعة الامامية للجرار.



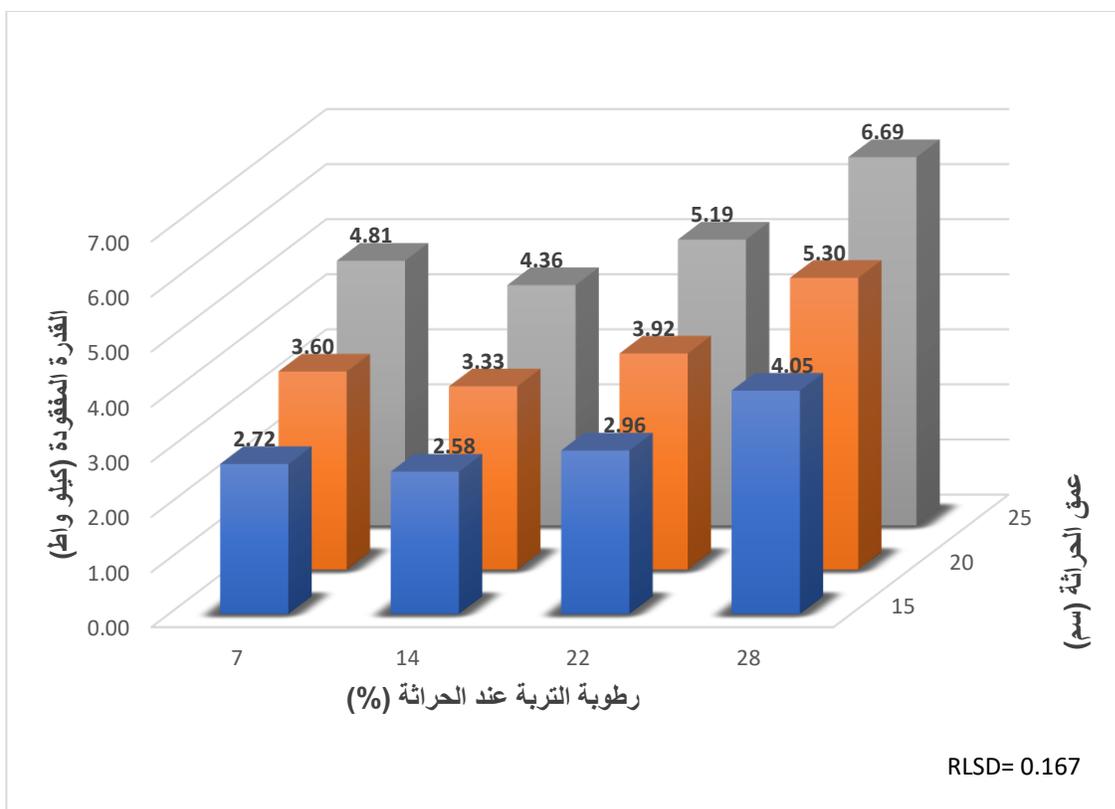
شكل (53) تأثير السرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة بالانزلاق (ملحق 15) اذ يلاحظ من الشكل 54 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في القدرة المفقودة تفوق معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% بأعطاء اقل قدرة مفقودة بلغت 3.12 كيلو واط، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% اعلى فقد بالقدرة بلغ 6.03 كيلو واط. ويعزى سبب ذلك الى تأثير كل من نوع المحراث ورطوبة التربة، اذ ان الحراثة بالمحراث القرصي تقلل من قوة السحب والانزلاق نتيجة طبيعة عمل المحراث خلال دوران الأقراص، كما ان رطوبة التربة 14% سجلت اقل فقد بالقدرة، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي الى زيادة الفقد بالقدرة نتيجة طبيعة عمل المحراث من رفع وقلب التربة فضلاً عن زيادة الانزلاق عند رطوبة التربة 28% مما يزيد من القدرة المفقودة.



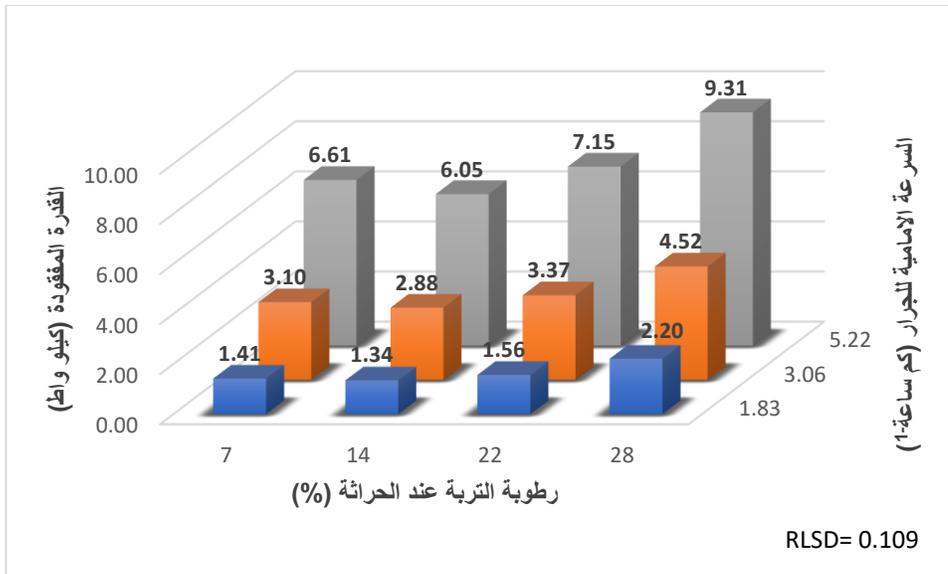
شكل (54) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في القدرة المفقودة (كيلو واط)

أظهرت النتائج لاختبار F في الملحق 15 والشكل 55 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في القدرة المفقودة ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ اعطت اقل قدرة مفقودة بلغت 2.58 كيلو واط عند رطوبة تربة 14% وعمق حراثة 15 سم، بينما أعطت الرطوبة 28% وعمق الحراثة 25 سم اعلى قدرة مفقودة بلغت 6.69 كيلو واط. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة وعمق الحراثة اذ تزداد القدرة المفقودة بزيادة العمق كما ان رطوبة التربة عند الحالة الهشة (14%) اعطت اقل فقد بالقدرة نتيجة انخفاض نسبة الانزلاق.



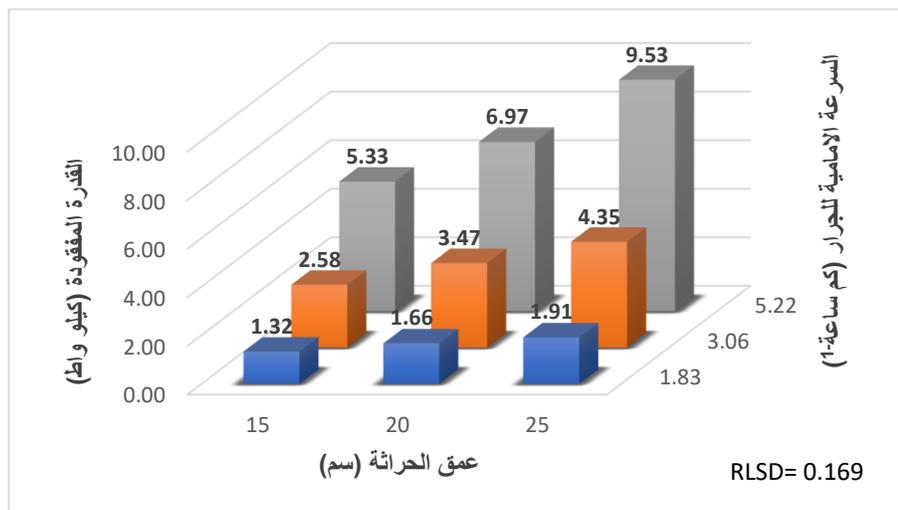
### شكل (55) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في القدرة المفقودة (كيلو واط)

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة كما هو موضح في نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 وبيانات الشكل 56 ، اذ اعطت رطوبة التربة 14% عند سرعة حراثة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل قدرة مفقودة بلغت 1.34 كيلو واط، بينما اعطت رطوبة التربة 28% عند سرعة حراثة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى فقد بالقدرة بلغ 9.31 كيلو واط، ويعزى سبب ذلك الى تأثير السرعة الامامية للجرار اذ يزداد الفقد بالقدرة بزيادة السرعة الامامية للجرار نتيجة زيادة تعجيل الكتل الترابية واصطدامها مع بعضها مما يزيد من مقاومة التربة وقوة السحب والانزلاق، كما تتأثر القدرة المفقودة برطوبة التربة اذ ان الانزلاق يزداد عند الرطوبات العالية مقارنة بالرطوبة عند الحالة الهشة (14%) وبالتالي زيادة القدرة المفقودة.



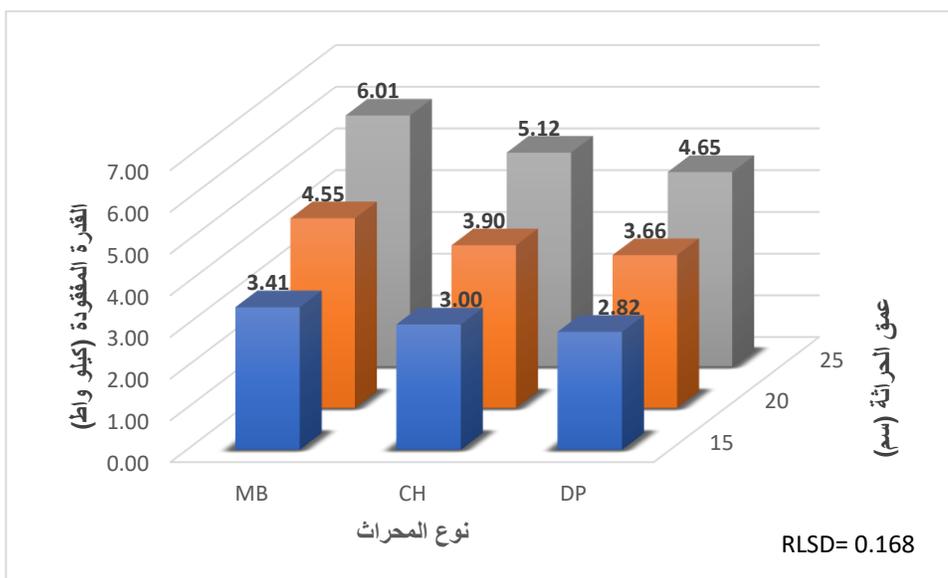
شكل (56) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

يبين الشكل 57 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ تفوقت معاملة العمق 15 سم مع السرعة 1.83 كم ساعة-1 بأعطاء اقل قدرة مفقودة بلغت 1.32 كيلو واط، في حين اعطى العمق 25 سم مع السرعة 5.22 كم ساعة-1 اعلى فقد بالقدرة بلغ 9.53 كيلو واط. ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة العمق والسرعة تزداد قوة السحب والانزلاق نتيجة زيادة قوة التربة ومقاومتها وبالتالي زيادة القدرة المفقودة.



شكل (57) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

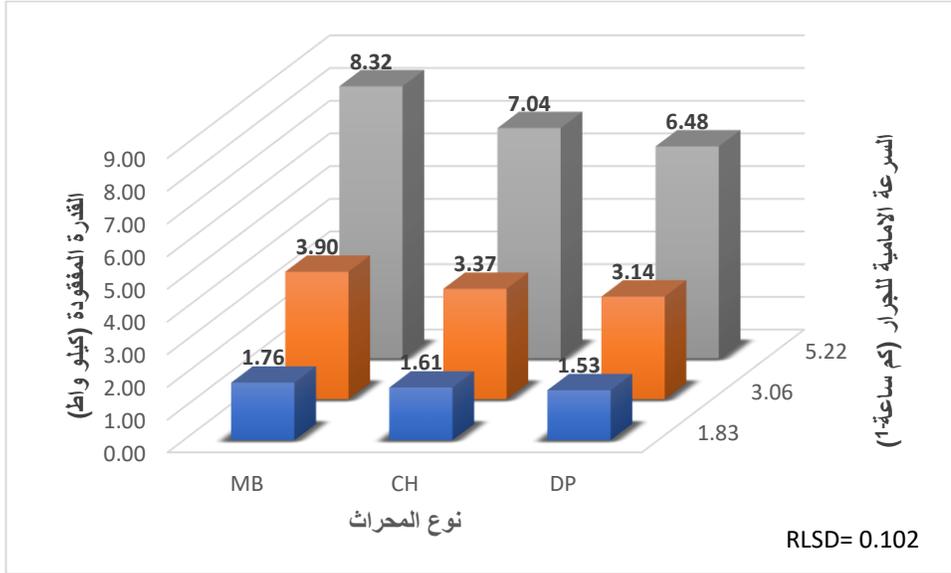
يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) والشكل 58 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في القدرة المفقودة، ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ اعطت اقل قدرة مفقودة عند الحراثة بالمحراث القرصي بعمق 15 سم بلغت 2.82 كيلو واط، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق 25 سم اعلى قدرة مفقودة بلغت 6.01 كيلو واط. وهذا يعود الى طبيعة عمل المحراث القرصي والمطرحي اذ يعمل المحراث القرصي على شق ورفع وقلب جزئي للتربة من خلال فعل دوران الأقراص مما يقلل من مقاومة التربة على المحراث وبالتالي تقل القدرة المفقودة مقارنة بالمحراث المطرحي الذي يعمل على رفع مقطع التربة وقلبه بصورة تامة بواسطة المطرحة الثابتة مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث، فضلاً عن زيادة الانزلاق بزيادة العمق نتيجة زيادة مقاومة التربة للحراثة الناتجة من زيادة قوة التربة بفعل زيادة التماسك ومقاومة الاختراق مما يزيد من القدرة المفقودة.



شكل (58) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في القدرة المفقودة (كيلو واط)

أوضحت النتائج في الشكل 59 ونتائج تحليل التباين في الملحق 15 ان للتداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، اذ يلاحظ ان اقل قدرة مفقودة كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي بسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغت 1.53 كيلو واط، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى قدرة مفقودة بلغت 8.32 كيلو واط. ويعزى سبب ذلك الى تأثير نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة، اذ ان دوران الأقراص في المحراث القرصي قلل من مقاومة التربة على المحراث مما يقلل من قوة السحب والانزلاق وبالتالي انخفاض الفقد

بالقدرة، بينما يؤدي رفع وقلب التربة في المحراث المطرحي الى زيادة مقاومة التربة على المحراث مما يزيد من الانزلاق والقدرة المفقودة، كما ان زيادة السرعة تؤدي الى زيادة تعجيل الكتل امام المحراث مما يزيد من قوة السحب وبالتالي زيادة الانزلاق والقدرة المفقودة.



#### شكل (59) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة وكذلك التداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة. بينما أظهرت النتائج في الملحق 15 ان للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير معنوي في القدرة المفقودة، اذ يبين الجدول 11 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة، اذ اعطت معاملة الرطوبة 14% عند عمق حراثة 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل قدرة مفقودة بلغت 1.11 كيلو واط، بينما اعطت معاملة الرطوبة 28% عند عمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى قدرة مفقودة بلغت 11.86 كيلو واط، ويعزى سبب ذلك الى ان رطوبة التربة 14% تفوقت بتسجيل اقل قوة سحب وانزلاق نتيجة انخفاض قوة التربة عند الحاله الهشة، بينما ازدادت قوة التربة عند الرطوبة 28% نتيجة زيادة التماسك والالتصاق مما يزيد من قوة السحب والانزلاق وبالتالي زيادة القدرة المفقودة، كما ان القدرة المفقودة تزداد بزيادة العمق والسرعة نتيجة زيادة قوة التربة بفعل زيادة التماسك والكثافة الظاهرية بزيادة العمق وزيادة تعجيل الكتل بزيادة السرعة مما يزيد من القدرة المفقودة.

جدول (11) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

| سرعة الجرار (كم ساعة-1) |      |      | عمق الحراثة (سم) | الرطوبة (%) |
|-------------------------|------|------|------------------|-------------|
| 5.22                    | 3.06 | 1.83 |                  |             |
| 4.74                    | 2.27 | 1.15 | 15               | 7           |
| 6.29                    | 3.06 | 1.44 | 20               |             |
| 8.80                    | 3.96 | 1.65 | 25               |             |
| 4.44                    | 2.19 | 1.11 | 15               | 14          |
| 5.71                    | 2.91 | 1.36 | 20               |             |
| 8.00                    | 3.54 | 1.55 | 25               |             |
| 5.16                    | 2.48 | 1.26 | 15               | 22          |
| 6.83                    | 3.35 | 1.59 | 20               |             |
| 9.45                    | 4.30 | 1.83 | 25               |             |
| 7.00                    | 3.40 | 1.76 | 15               | 28          |
| 9.06                    | 4.57 | 2.26 | 20               |             |
| 11.86                   | 5.60 | 2.60 | 25               |             |
| 0.215                   |      |      | RLSD             |             |

ان للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في القدرة المفقودة، (الملحق 15). اذ يلاحظ من الجدول 12 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة، ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق حراثة 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اعطت اقل قدرة مفقودة بلغت 1.24 كيلو واط، بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي عند عمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة مفقودة بلغت 10.99 كيلو واط، ويعزى سبب ذلك الى تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية اذ يعمل المحراث القرصي على تفكيك التربة وقلبها جزئياً بفعل دوران الأقراص عند عمق 15 سم حيث تكون قوة ومقاومة التربة منخفضه وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اذ تكون السرعة مناسبة لترك كتل لا تسبب مقاومة على المحراث مما يقلل من مقاومة التربة وبالتالي يقل الفقد بالقدرة على العكس من ذلك يحدث عند الحراثة بالمحراث المطرحي اذ يعمل على قلب التربة كلياً مما يزيد من المقاومة على المحراث عند الحراثة على عمق 25 سم حيث تكون مقاومة التربة عالية نتيجة زيادة قوة التربة وتماسكها مع العمق وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> حيث تسبب هذه السرعة زيادة تعجيل الكتل امام المحراث مما يزيد من مقاومة التربة وبالتالي زيادة القدرة المفقودة.

جدول (12) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة (كيلو واط)

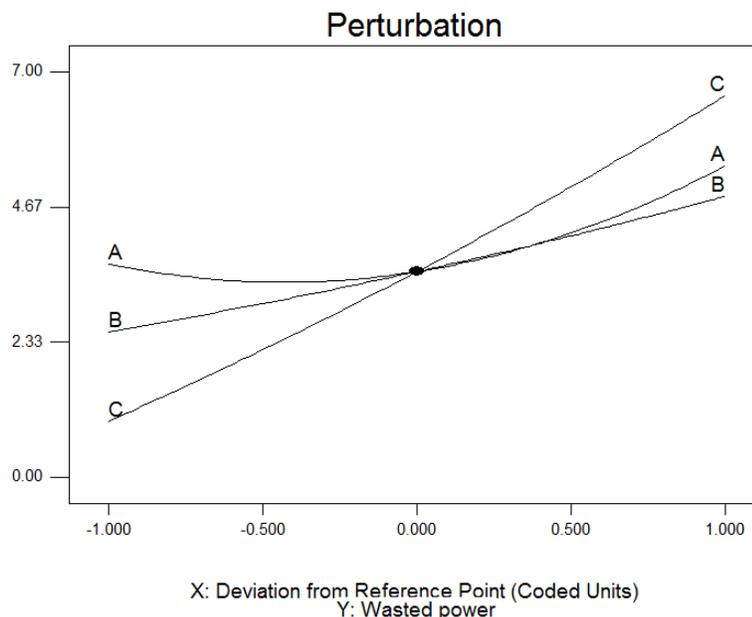
| سرعة الجرار (كم ساعة-1) |      |      | عمق الحراثة (سم) | نوع المحراث |
|-------------------------|------|------|------------------|-------------|
| 5.22                    | 3.06 | 1.83 |                  |             |
| 6.00                    | 2.81 | 1.42 | 15               | MB          |
| 7.96                    | 3.86 | 1.82 | 20               |             |
| 10.99                   | 5.01 | 2.03 | 25               |             |
| 5.16                    | 2.54 | 1.29 | 15               | CH          |
| 6.65                    | 3.40 | 1.64 | 20               |             |
| 9.31                    | 4.17 | 1.88 | 25               |             |
| 4.84                    | 2.39 | 1.24 | 15               | DP          |
| 6.31                    | 3.15 | 1.53 | 20               |             |
| 8.29                    | 3.87 | 1.81 | 25               |             |
| 0.209                   |      |      | RLSD             |             |

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في القدرة المفقودة. يلاحظ من بيانات الشكل 60 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في القدرة المفقودة، ان نسب التأثير لعوامل الدراسة مختلفة باختلاف نوع العامل المؤثر اذ ان العامل الأكثر تأثيراً في القدرة المفقودة هو السرعة الامامية للجرار اذ تؤثر بنسبة 346% ثم عمق الحراثة يؤثر بنسبة 70% ثم رطوبة التربة بنسبة 64% على التوالي، وهذا يدل على ان السرعة الامامية للجرار عامل مهم في قياس القدرة المفقودة نتيجة تأثيرها في نسبة الانزلاق اذ تتأثر القدرة المفقودة بتغير السرعة الامامية بنسبة أكبر ويأتي بعده عامل العمق ثم رطوبة التربة ولمعاملات الحراثة الثلاث (مطرحي وقرصي وحفار).

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Wasted power

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

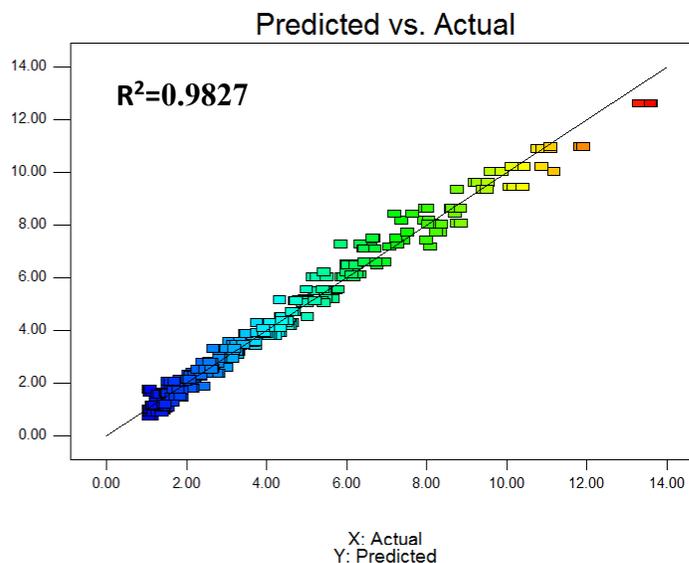


### شكل (60) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في القدرة المفقودة (كيلو واط)

اظهر تحليل الانحدار باستخدام برنامج Design Expert ان هناك علاقة ارتباط عالية ما بين القدرة المفقودة المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً اذ يبين الشكل 61 العلاقة بين الفقد بالقدرة المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً، اذ بين تحليل الانحدار للقدرة المفقودة تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات حول خط الانحدار متناسق وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم القدرة المفقودة المحسوبة والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2=0.9827$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 13 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بالقدرة المفقودة باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة و سرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالقدرة المفقودة للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة و سرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Wasted power

Color points by value of  
Wasted power:



شكل (61) العلاقة بين القدرة المفقودة المتنبى بها والمحسوبة حقلياً

جدول (13) المعادلات التنبؤية بالقدرة المفقودة لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Power losses} = +6.31320 - 0.37451 * \text{Moisture Content} - 0.36775 * \text{Tillage Depth} - 1.24123 * \text{Tractor Speed} + 2.90737\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 0.027040 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.10701 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 8.90464\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 + 5.38337\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.079202 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Power losses} = +7.96828 - 0.38695 * \text{Moisture Content} - 0.41552 * \text{Tillage Depth} - 1.57617 * \text{Tractor Speed} + 2.90737\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 0.027040 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.10701 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 8.90464\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 + 5.38337\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.079202 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Power losses} = +8.81912 - 0.39174 * \text{Moisture Content} - 0.44441 * \text{Tillage Depth} - 1.71877 * \text{Tractor Speed} + 2.90737\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 0.027040 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 0.10701 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 8.90464\text{E-}003 * \text{Moisture Content}^2 + 5.38337\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.079202 * \text{Tractor Speed}^2$ |

#### 4. 1. 6. المقاومة النوعية Specific resistance

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية للمحراث، اذ يبين الشكل 62 تأثير رطوبة التربة في المقاومة النوعية، يلاحظ من الشكل ان رطوبة التربة 14% تفوقت معنوياً بأعطاء اقل مقاومة نوعية بلغت 33543 نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما اعطت رطوبة التربة 28% اعلى مقاومة نوعية بلغت 40625 نيوتن م<sup>-2</sup>، في حين اعطت رطوبة التربة 7 و 22% مقاومة نوعية بلغت 35847 و 37793 نيوتن م<sup>-2</sup> على التوالي. ويعزى سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى انخفاض قوة السحب اذ تتناسب قوة السحب طردياً مع المقاومة النوعية (معادلة 15)، اذ ان وصول رطوبة التربة عند هذا المستوي يجعل التربة تدخل في الحالة الهشة اذ تكون قوة التربة عند اقل ما يمكن نتيجة انخفاض تماسكها الجزيئي ويتساوى مع التماسك المتأني من الأفلام المائية مما يجعل التربة سهلة التفكك عند الحراثة وبالتالي تقل قوة السحب والمقاومة النوعية. اما عند زيادة رطوبة التربة عن الحالة الهشة عند 22 و 28% يزداد التماسك المتأني من الأفلام المائية ويزداد التصاق التربة بالمحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث فتزداد قوة السحب والمقاومة النوعية. عند حراثة التربة عند الحالة الصلبة (7%) فان قوة التربة تكون اعلى من الحالة الهشة نتيجة زيادة التماسك الجزيئي في التربة مما يزيد من مقاومتها للحراثة وبالتالي زيادة المقاومة النوعية. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه دحام (2018) اذ لاحظ ان قوة السحب تزداد عند زيادة رطوبة التربة عن الحالة الهشة.



الشكل (62) تأثير رطوبة التربة في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 والشكل 63 ان هناك تأثير عالي المعنوية لنوع المحراث في المقاومة النوعية، اذ وجد ان الحراثة بالمحراث الحفار تفوقت معنوياً بأعطاء اقل مقاومة نوعية بلغت 23822 نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي الى اعطاء اعلى مقاومة نوعية بلغت 50363 نيوتن م<sup>-2</sup>، واعطت الحراثة بالمحراث القرصي مقاومة نوعية بلغت 36671 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعلل سبب تفوق المحراث الحفار في تسجيل اقل مقاومة نوعية الى ان العرض الشغال للمحراث الحفار كان أكبر بمقدار الضعف تقريباً (220 سم) من المحراث المطرحي والقرصي وبما ان المقاومة النوعية تتناسب عكسياً مع المساحة المحروثة للمحراث (معادلة 15) لذلك انخفضت المقاومة النوعية للمحراث الحفار بزيادة المساحة المحروثة. اما سبب زيادة المقاومة النوعية للمحراث المطرحي فيعزى الى طبيعة عمل المحراث المطرحي اذ يعمل على شق التربة ثم رفعها وقلبها في الخط المجاور كلياً مما يجعل مقاومة التربة على المحراث عالية فضلاً عن صغر العرض الشغال للمحراث (100 سم) مما أدى الى زيادة قوة السحب وانخفاض المساحة المحروثة وبالتالي زيادة المقاومة النوعية، بينما أدت الحراثة بالمحراث القرصي الى تسجيل مقاومة نوعية اقل من المحراث المطرحي واعلى من المحراث الحفار وهذا يعود الى طبيعة عمل المحراث القرصي وتصميمه اذ يعمل على تفكيك التربة من خلال دوران الأقراص مما يقلل من مقاومة التربة مقارنة بالمحراث المطرحي كما ان عرضه الشغال اقل من المحراث الحفار (100 سم) مما قلل من المساحة المحروثة مقارنة بالمحراث الحفار مما أدى الى تقليل المقاومة النوعية بالنسبة للمحراث المطرحي وزيادتها بالنسبة للمحراث الحفار. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه الموسى (2020) اذ بين ان المحراث الحفار سجل اقل مقاومة نوعية نتيجة زيادة المساحة المحروثة للمحراث مقارنة بمعدات الحراثة الأخرى المستخدمة في التجربة.



شكل (63) تأثير نوع المحراث في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية للمحراث، كما هو موضح في نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 اذ يلاحظ من الشكل 64 الذي يبين تأثير عمق الحراثة في المقاومة النوعية، ان العمق 25 سم اعطى اقل مقاومة نوعية بلغت 35818 نيوتن م<sup>-2</sup>، ثم تلاه العمق 15 سم بمقاومة نوعية بلغت 36903 نيوتن م<sup>-2</sup> بدون فارق معنوي مع العمق 20 و 25 سم، في حين اعطى عمق الحراثة 20 سم اعلى مقاومة نوعية بلغت 38135 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعلل سبب تفوق العمق 25 سم الى زيادة المساحة المحروثة بزيادة العمق اذ ان المقاومة النوعية تتناسب عكسيا مع المساحة المحروثة وبالرغم من زيادة قوة السحب بزيادة العمق الا ان زيادة المساحة المحروثة كانت أكبر من نسبة الزيادة في قوة السحب مما أدى الى خفض المقاومة النوعية عند العمق 25 سم. اما عند العمق 15 سم كانت المساحة المحروثة اقل نتيجة انخفاض العمق مما أدى الى زيادة في المقاومة النوعية للمحراث، في حين ان قوة السحب ازدادت عند العمق 20 سم مقارنة بالعمق 15 سم والمساحة المحروثة اقل من العمق 25 سم مما أدى الى زيادة المقاومة النوعية عند العمق 20 سم. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه ناصر واخرون (2016b) اذ لاحظوا ان المقاومة النوعية انخفضت بزيادة العمق من 10 الى 25 سم بنسبة 46.96% وعزوا سبب ذلك الى ان بزيادة العمق زاد حجم الكتل المفككة وبالتالي زيادة المساحة المفككة للتربة بنسبة أكبر من الزيادة في قوة السحب.



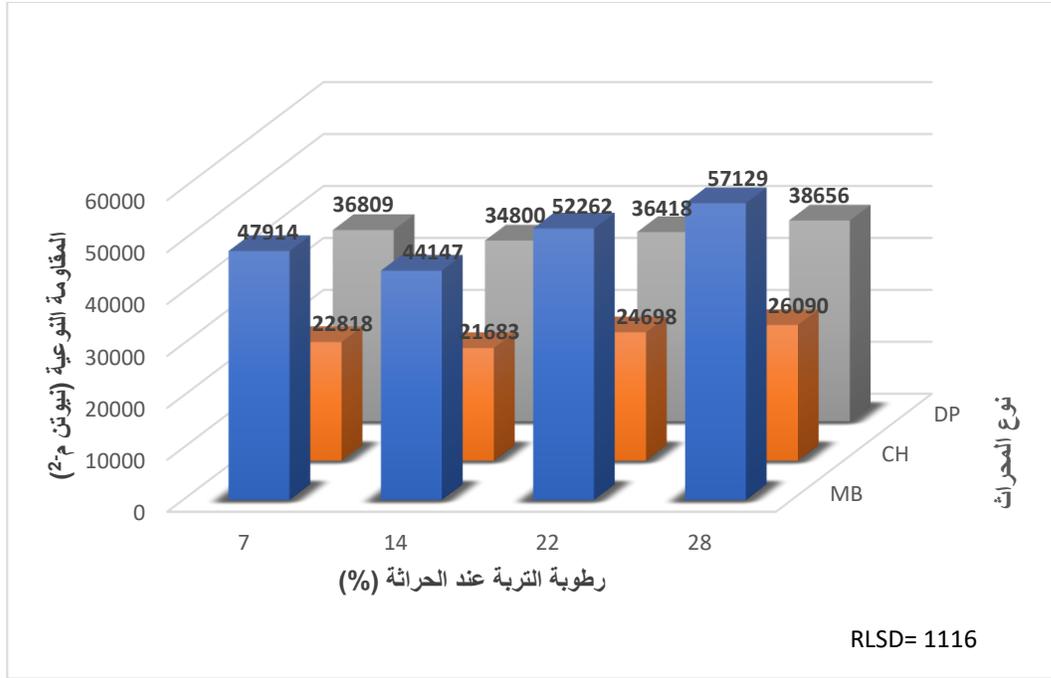
شكل (64) تأثير عمق الحراثة في المقاومة النوعية (نيوتن م-2)

يبين الشكل 65 تأثير السرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية، اذ اظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية، يلاحظ ان المقاومة النوعية تزداد معنوياً بزيادة السرعة الامامية للجرار، اذ ازدادت بنسبة 23% عند زيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>، اذ تفوقت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> معنوياً بأعطاء اقل مقاومة نوعية بلغت 32392 نيوتن م<sup>2</sup>، وبلغت المقاومة النوعية عند السرعة 3.06 و5.22 كم ساعة<sup>1</sup> 36340 و42123 نيوتن م<sup>2</sup> على التوالي. ويعلل سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة يزداد تعجيل الكتل وحركتها واحتكاكها مع بعضها مما يسبب تراكم الكتل وزخم امام المحراث مسبباً زيادة في قوة السحب وبالتالي زيادة المقاومة النوعية. وهذا ما توصل اليه الشريف (2009) اذ وجد ان المقاومة النوعية تزداد بزيادة السرعة الامامية للجرار.



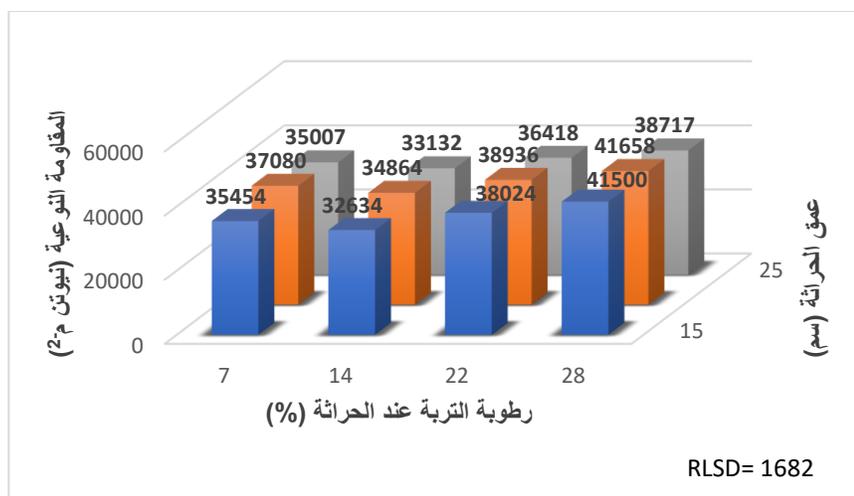
شكل (65) تأثير السرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية (نيوتن م-2)

يلاحظ من الشكل 66 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في المقاومة النوعية ونتائج تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في المقاومة النوعية، اذ اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 14% اقل مقاومة نوعية بلغت 21683 نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% اعلى مقاومة نوعية بلغت 57129 نيوتن م<sup>-2</sup>، ويعزى سبب تفوق معاملة المحراث الحفار مع الرطوبة 14% الى كبر العرض الشغال للمحراث الحفار مما يزيد من المساحة المحروثة فضلاً عن انخفاض مقاومة التربة عند الحالة الهشة (14%) نتيجة تساوي التماسك الجزيئي والتماسك المتأتي من الأفلام المائية مما يقلل من قوة السحب وبالتالي انخفاض المقاومة النوعية. بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي عن رطوبة التربة 28% الى زيادة قوة السحب نتيجة زيادة تماسك التربة المتأتي من الأفلام المائية وزيادة الالتصاق وفعل المحراث من رفع وقلب التربة فضلاً عن انخفاض العرض الشغال للمحراث المطرحي مقارنة بالمحراث الحفار مما يقلل من المساحة المحروثة وبالتالي زيادة المقاومة النوعية.



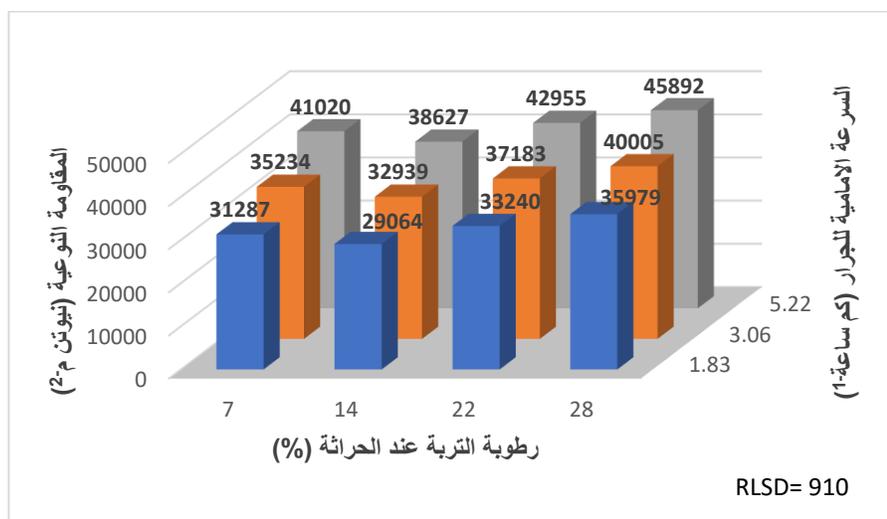
شكل (66) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية (ملحق 15) اذ يبين الشكل 67 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في المقاومة النوعية، يلاحظ ان معاملة رطوبة التربة 14% عند عمق 15 سم تفوقت بأعطاء اقل مقاومة نوعية بلغت 32634 نيوتن م<sup>-2</sup>، واعطت معاملة الرطوبة 28% عند عمق 20 سم اعلى مقاومة نوعية بلغت 41658 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعلل سبب تفوق الرطوبة 14% مع العمق 15 سم الى ان قوة التربة كانت عند اقل مستوى لها عند تحول التربة من الحالة الصلبة الى الهشة وتكون سهلة التفكك مما يقلل من مقاومة التربة وبالتالي انخفاض قوة السحب، كما ان انخفاض عمق الحراثة قلل من المساحة المحروثة وبانخفاض عمق الحراثة تقل مقاومة التربة وبالتالي تقل قوة السحب مما قلل من المقاومة النوعية. اما عند رطوبة التربة 28% والعمق 20 سم زاد تماسك التربة والتصاقها نتيجة زيادة المحتوى الرطوبي للتربة مما زاد من مقاومة التربة وبالتالي زيادة قوة السحب كما ان زيادة العمق أدى الى زيادة المساحة المفككة الا ان بزيادة العمق ازدادت قوة السحب وكانت الزيادة في قوة السحب أكبر من الزيادة في المساحة المحروثة نتيجة تماسك التربة والتصاقها مما أدى الى زيادة المقاومة النوعية.



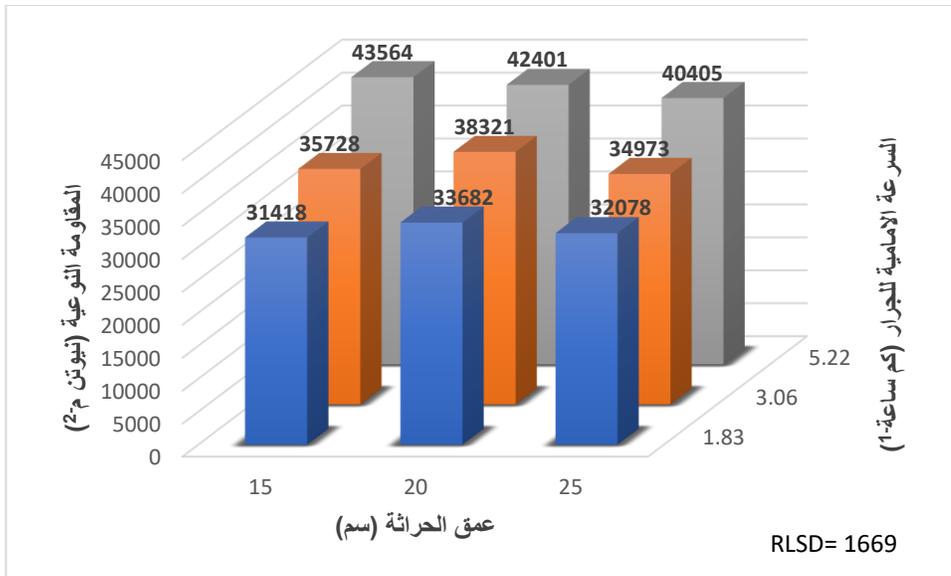
شكل (67) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية، اذ يلاحظ من الشكل 68 ان اقل مقاومة نوعية كانت عند معاملة الحراثة برطوبة تربة 14% وسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغت 29064 نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما بلغت اعلى مقاومة نوعية 45892 نيوتن م<sup>-2</sup> عند معاملة الحراثة برطوبة تربة 28% وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>. ويعلل سبب ذلك الى دور كل من رطوبة التربة والسرعة الامامية في تأثيرها على المقاومة النوعية.



شكل (68) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

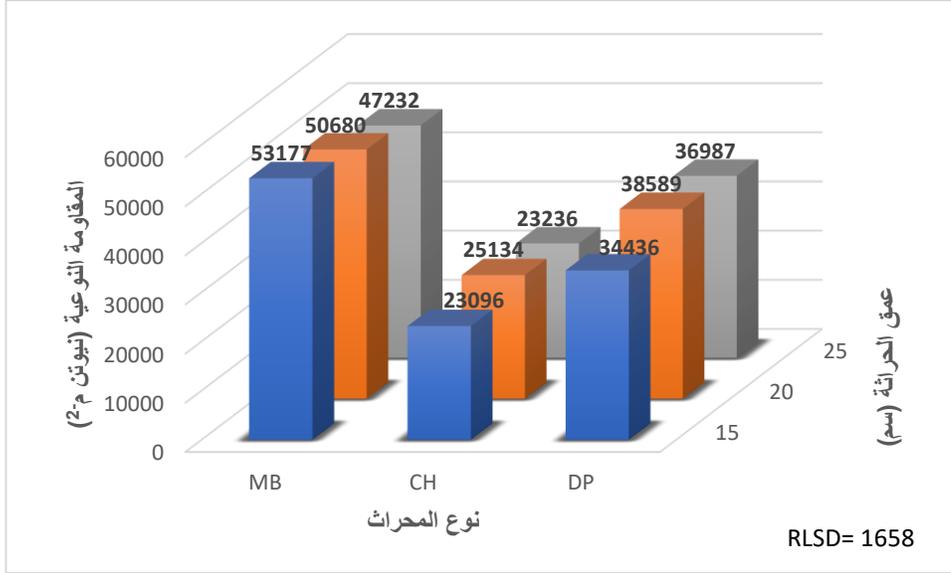
كما أظهرت النتائج في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، اذ يبين الشكل 69 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية، اذ اعطت معاملة الحراثة على عمق 15 سم بسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل مقاومة نوعية بلغت 31418 نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما اعطت معاملة الحراثة بعمق 15 سم وبسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى مقاومة نوعية بلغت 43564 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعود سبب تفوق العمق 15 سم مع السرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> الى انه كلما قل عمق الحراثة قلت المساحة المحروثة التي تتناسب عكسيا مع المقاومة النوعية كما ان بانخفاض العمق نقل قوة السحب نتيجة انخفاض مقاومة التربة فضلاً عن انخفاض قوة السحب بانخفاض السرعة مما يقلل من المقاومة النوعية. لكن عند زيادة السرعة ازدادت قوة السحب نتيجة زيادة حركة الكتل الترابية واحتكاكها مع بعضها امام المحراث فضلاً عن انخفاض المساحة المحروثة عند العمق 15 سم مما أدى الى زيادة المقاومة النوعية عند السرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> والعمق 15 سم.



شكل (69) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

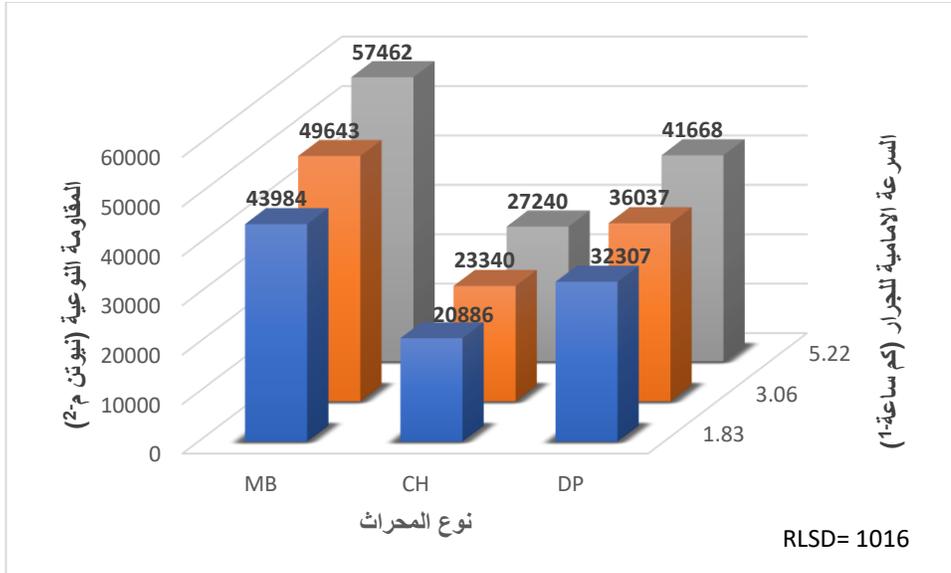
يبين الشكل 70 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في المقاومة النوعية، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية، اذ تفوقت الحراثة بالمحراث الحفار على عمق حراثة 15 سم بأعطاء اقل مقاومة نوعية بلغت 23096 نيوتن م<sup>-2</sup>، في حين اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي على عمق 15 سم اعلى مقاومة نوعية بلغت 53177 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعلل سبب تفوق المحراث الحفار الى كبر العرض الشغال للمحراث مقارنة بالمحراث المطرحي والقرصي

مما يزيد من مساحة التربة المحروثة، كما ان انخفاض عمق الحراثة يقلل من مقاومة التربة وبالتالي انخفاض قوة السحب مما يقلل من المقاومة النوعية. اما المحراث المطرحي فيكون عرضه الشغال اقل من المحراث الحفار مما يقلل من المساحة المحروثة ويزيد من قوة السحب بفعل رفع وقلب التربة وايضاً انخفاض عمق الحراثة يقلل من المساحة المحروثة وبالتالي زيادة المقاومة النوعية.



شكل (70) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 والشكل 71 ان للتداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية، اذ اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار بسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل مقاومة نوعية بلغت 20886 نيوتن م<sup>-2</sup>، واعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى مقاومة نوعية بلغت 57462 نيوتن م<sup>-2</sup>. ويعزى سبب ذلك الى ان الحراثة بالمحراث الحفار تزيد من المساحة المحروثة نتيجة كبر العرض الشغال للمحراث فضلاً عن انخفاض قوة السحب بانخفاض السرعة الامامية للجرار مما يقلل من المقاومة النوعية على العكس من الحراثة بالمحراث المطرحي حيث تقل المساحة المحروثة نتيجة صغر العرض الشغال للمحراث فضلاً عن زيادة قوة السحب نتيجة طبيعة عمل المحراث من رفع وقلب مقطع التربة كما تزداد قوة السحب بزيادة السرعة الامامية نتيجة زيادة تعجيل الكتل وحركتها امام المحراث مما يزيد من المقاومة النوعية.



شكل (71) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية (نيوتن م-2)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة وكذلك التداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار والتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية. بينما بينت النتائج لاختبار F (ملحق 15) ان للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في المقاومة النوعية، اذ يبين الجدول 14 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية، اذ يلاحظ ان اقل مقاومة نوعية كانت عند الحراثة بالمحراث الحفار على عمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة-1 بلغت 19448 نيوتن م-2، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي على عمق 15 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة-1 اعلى مقاومة نوعية بلغت 62927 نيوتن م-2. ويعمل سبب ذلك الى تأثير نوع المحراث في زيادة المساحة المفككة للتربة اذ يعطي المحراث الحفار اعلى مساحة مفككة نتيجة كبر عرضه الشغال كما ان انخفاض عمق الحراثة والسرعة مع الحراثة بالمحراث الحفار قلل من قوة السحب نتيجة قلة قوة التربة مع انخفاض العمق وانخفاض تراكم الكتل امام المحراث بانخفاض السرعة مما يقلل من المقاومة النوعية. اما المحراث المطرحي يقلل من المساحة المحروثة نتيجة انخفاض عرضه الشغال وقلة عمق الحراثة ويزيد من قوة السحب نتيجة رفع وقلب التربة اثناء الحراثة كما ان قوة السحب تزداد بزيادة السرعة الامامية للجرار نتيجة حركة الكتل وتراكمها امام المحراث وبالتالي زيادة المقاومة النوعية.

جدول (14) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |       |       | عمق الحراثة (سم) | نوع المحراث |
|--------------------------------------|-------|-------|------------------|-------------|
| 5.22                                 | 3.06  | 1.83  |                  |             |
| 62927                                | 51852 | 44753 | 15               | MB          |
| 55740                                | 51169 | 45131 | 20               |             |
| 53720                                | 45910 | 42067 | 25               |             |
| 27609                                | 22230 | 19448 | 15               | CH          |
| 27662                                | 25207 | 22533 | 20               |             |
| 26449                                | 22582 | 20678 | 25               |             |
| 40156                                | 33101 | 30051 | 15               | DP          |
| 43802                                | 38585 | 33380 | 20               |             |
| 41045                                | 36426 | 33489 | 25               |             |
| 2044                                 |       |       | RLSD             |             |

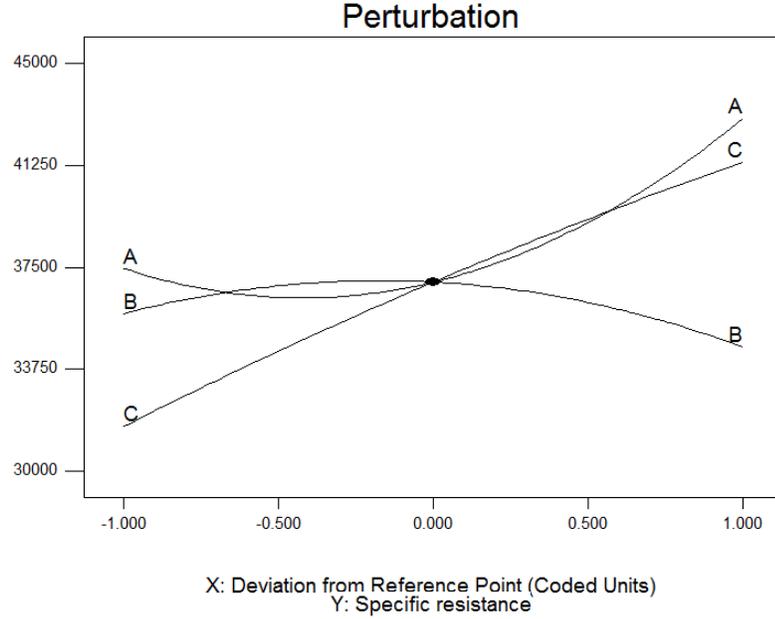
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 انه لم يكن هنالك تأثير معنوي للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية.

يبين الشكل 72 تأثير عوامل الدراسة المتمثلة برطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في المقاومة النوعية، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في المقاومة النوعية هو السرعة الامامية للجرار تؤثر بنسبة 30% في حين تؤثر رطوبة التربة عند الحراثة بنسبة 27% ثم عمق الحراثة بنسبة 9%، وهذا يدل على ان السرعة الامامية عامل مهم في قياس المقاومة النوعية اذ تتأثر المقاومة النوعية بتغير السرعة، ويأتي بعده عامل الرطوبة ثم العمق واخذت المحاريت الثلاث نفس السلوك.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Specific resistance

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

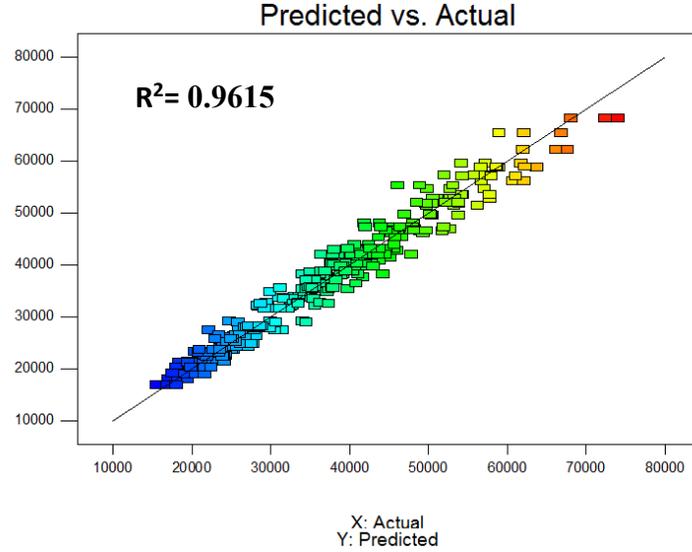
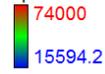


شكل (72) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في المقاومة النوعية (نيوتن م<sup>-2</sup>)

أظهرت نتائج تحليل الانحدار الموضحة في الشكل 73 الذي يبين العلاقة بين المقاومة النوعية المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً، إذ بين تحليل الانحدار للمقاومة النوعية تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات حول خط الانحدار مناسب وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم المقاومة النوعية المحسوبة والمتنبئ بها إذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9615$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 15 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بالمقاومة النوعية باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة و سرعة امامية، إذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالمقاومة النوعية للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة و سرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Specific resistance

Color points by value of  
Specific resistance:



شكل (73) العلاقة بين المقاومة النوعية المتنبئ بها والمحسوبة حقلياً

جدول (15) المعادلات التنبؤية بالمقاومة النوعية لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Specific resistance} = +6342.96838 - 283.72476 * \text{Moisture Content} + 2850.38463 * \text{Tillage Depth} + 7265.57974 * \text{Tractor Speed} - 12.82315 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 2.76991 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 112.51730 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 29.58060 * \text{Moisture Content}^2 - 70.95214 * \text{Tillage Depth}^2 - 157.02525 * \text{Tractor Speed}^2$  |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Specific resistance} = -19688.46285 - 605.27628 * \text{Moisture Content} + 3458.90623 * \text{Tillage Depth} + 5196.57654 * \text{Tractor Speed} - 12.82315 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 2.76991 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 112.51730 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 29.58060 * \text{Moisture Content}^2 - 70.95214 * \text{Tillage Depth}^2 - 157.02525 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Specific resistance} = -13143.78411 - 688.31050 * \text{Moisture Content} + 3699.97149 * \text{Tillage Depth} + 6073.85198 * \text{Tractor Speed} - 12.82315 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 2.76991 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 112.51730 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 29.58060 * \text{Moisture Content}^2 - 70.95214 * \text{Tillage Depth}^2 - 157.02525 * \text{Tractor Speed}^2$ |

#### 4. 1. 7. استهلاك الوقود الزمني Temporal fuel consumption

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود الزمني كان عالي المعنوية، اذ يبين الشكل 74 ان رطوبة التربة 14% تفوقت معنوياً بأعطاء اقل استهلاك للوقود على أساس الزمن الذي بلغ 4.16 لتر ساعة<sup>-1</sup> ثم ازداد استهلاك الوقود معنوياً عند رطوبة التربة 7% ليصل الى 4.42 لتر ساعة<sup>-1</sup> في حين ان رطوبة التربة 22 و 28% سجلت قيم وسطية لاستهلاك الوقود الزمني، اذ بلغ 4.64 و 5.01 لتر ساعة<sup>-1</sup> على التوالي. ويعلل سبب تفوق معاملة الرطوبة 14% بتسجيل اقل استهلاك للوقود الى انخفاض قوة السحب والانزلاق عند هذه الرطوبة نتيجة انخفاض قوة التربة وتماسكها مما قلل من استهلاك الطاقة واستهلاك الوقود خلال الزمن، في حين ازداد الاستهلاك عند رطوبة التربة 7% نتيجة زيادة قوة التربة الناتج من التماسك الجزيئي الذي يزداد بانخفاض رطوبة التربة مما يزيد من مقاومة التربة للحراثة وبالتالي زيادة قوة السحب والانزلاق فيزداد استهلاك الوقود خلال وحدة الزمن. كما ان زيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% أدت الى زيادة الانزلاق وقوة السحب نتيجة زيادة تماسك التربة الناتج من الأفلام المائية والتصاق التربة بالمحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وبالتالي زيادة استهلاك الوقود. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه جبر والصياح (2017) عند حراثة التربة بمستويين للرطوبة 14-16 و 18-20% وجدا ان استهلاك الوقود ازداد بنسبة 39.95% بزيادة رطوبة التربة.



شكل (74) تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة-1)

يبين الشكل 75 تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود الزمني، اذ يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني، اذ تفوق المحراث القرصي بتسجيل اقل استهلاك للوقود بلغ 3.99 لتر ساعة<sup>1</sup> ويعزى سبب ذلك الى فعل المحراث اثناء الحراثة اذ يعمل على شق ورفع وقلب التربة جزئياً من خلال دوران أقراص المحراث مما يساعد على امتصاص قوة التربة والعوائق وبالتالي انخفاض قوة السحب والانزلاق مما يقلل من الجهد على الجرار وبالتالي انخفاض استهلاك الوقود خلال الزمن، في حين أدت الحراثة بالمحراث المطرحي الى اعطاء اعلى استهلاك للوقود بلغ 5.07 لتر ساعة<sup>1</sup> وذلك نتيجة طبيعة عمل المحراث اذ يعمل على شق التربة ورفعها وقلبها كلياً مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث فتزداد قوة السحب والانزلاق فيزداد استهلاك الوقود خلال الزمن. اما الحراثة بالمحراث الحفار أعطت استهلاك ووقود اقل من المحراث المطرحي واعلى من المحراث القرصي اذ بلغ 4.61 لتر ساعة<sup>1</sup> ويعزى سبب ذلك الى فعل المحراث الحفار اذ يعمل على شق التربة وتفكيكها موضعياً دون قلبها مما يقلل من مقاومة التربة على المحراث مقارنةً بالمحراث المطرحي فضلاً عن كبر العرض الشغال للمحراث الحفار مقارنةً بالمحراث القرصي مما أدى الى زيادة استهلاك الوقود مقارنةً بالمحراث القرصي وانخفاضه مقارنةً بالمحراث المطرحي.



الشكل (75) تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني، اذ يلاحظ من الشكل 76 الذي يبين تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني ان استهلاك الوقود يزداد بزيادة عمق الحراثة اذ بلغ استهلاك الوقود على أساس الزمن 4.28 و 4.57 و 4.83 لتر ساعة<sup>-1</sup> للأعماق 15 و 20 و 25 سم على التوالي، وبنسبة زيادة بلغت 11% عند زيادة عمق الحراثة من 15 الى 25 سم. ويعلل سبب ذلك الى فعل قوة التربة ومقاومتها للحراثة اذ تزداد قوة التربة بزيادة عمق الحراثة نتيجة زيادة تماسك التربة ومقاومتها للاختراق وزيادة المساحة المحروثة للتربة مما يزيد من الجهد على المحراث والجرار فتزداد قوة السحب والانزلاق مما يزيد من استهلاك الوقود خلال وحدة الزمن. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه صبار (2024) اذ وجد ان استهلاك الوقود يزداد بزيادة عمق الحراثة.



شكل (76) تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

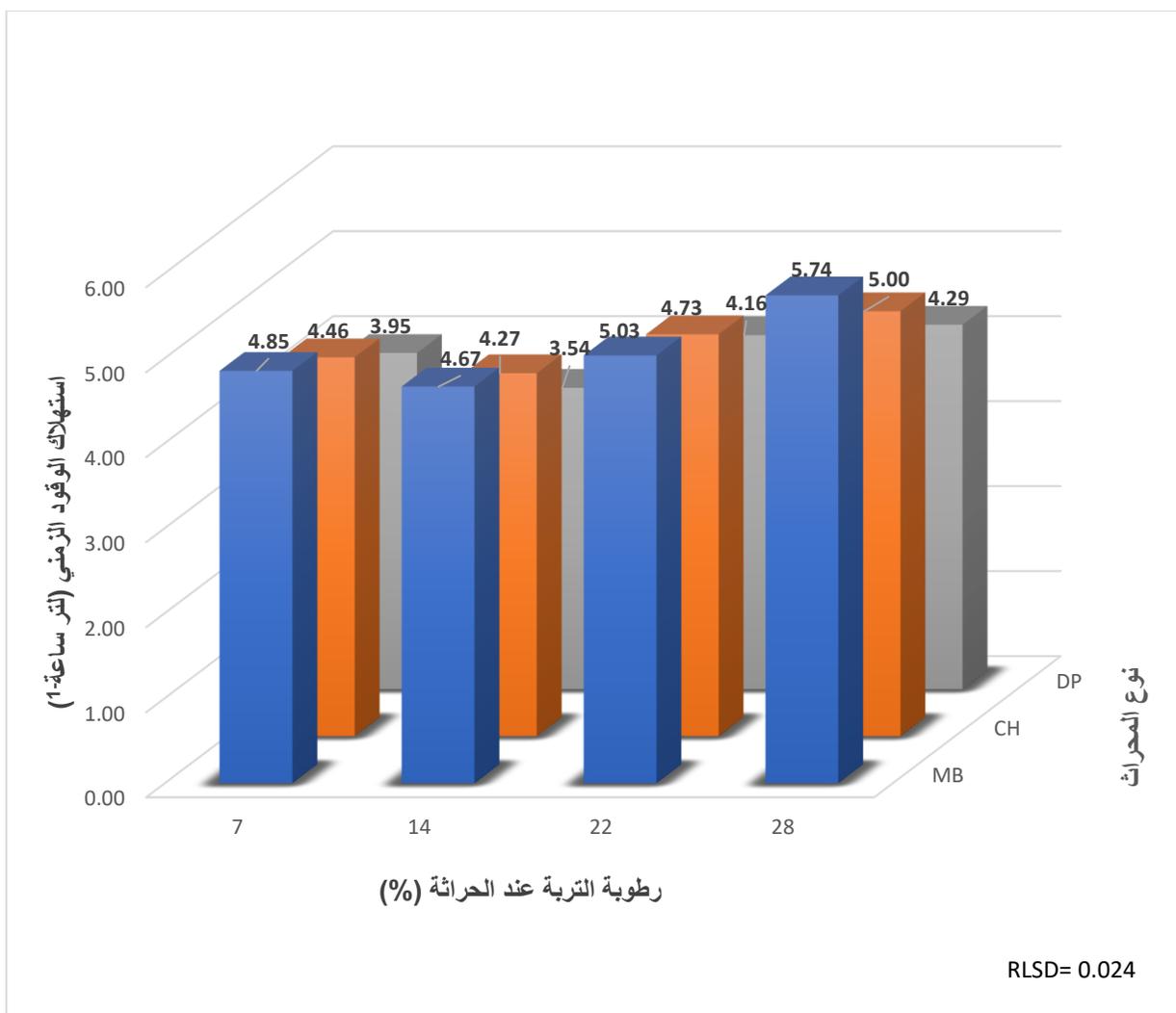
يلاحظ من الشكل 77 الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، ونتائج تحليل التباين في الملحق 15 ان للسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني، اذ وجد ان استهلاك الوقود يزداد معنوياً بزيادة السرعة الامامية للجرار اذ ازداد بنسبة 5% عند زيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، اذ بلغ استهلاك الوقود للسرع 1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> 4.44 و 4.56 و 4.68 لتر ساعة<sup>-1</sup> على التوالي. ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة الامامية للجرار سيزداد الحمل على محرك الساحة نتيجة زيادة السرعة فضلاً عن زيادة تعجيل الكتل الترابية وتراكمها امام المحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وزيادة قوة السحب والانزلاق وبالتالي زيادة استهلاك الوقود خلال الزمن.

وهذا ما توصل اليه (Almaliki 2017) اذ لاحظ ان زيادة السرعة الامامية للجرار تؤدي الى زيادة استهلاك الوقود فزيادة السرعة من 0.39 الى 1.56 م<sup>1</sup>-ثا<sup>1</sup> ازداد استهلاك الوقود بنسبة 61%.



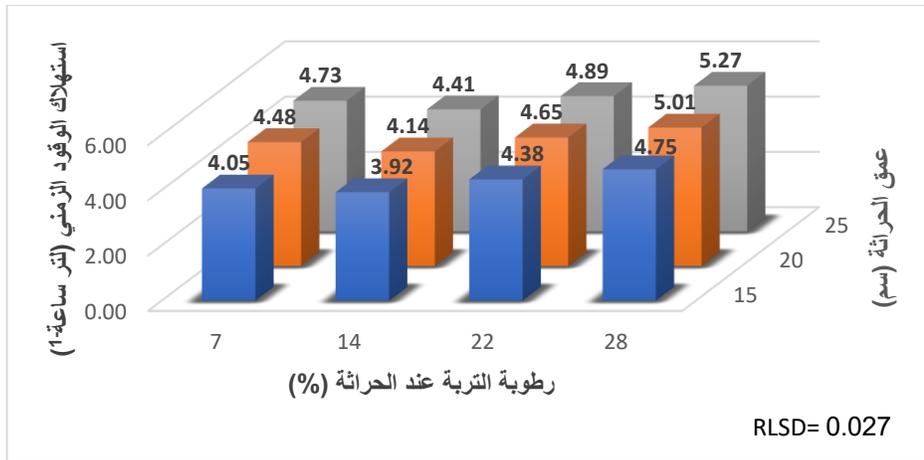
شكل (77) تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة-1)

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع الحراثت تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني كما مبين في الشكل 78 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع الحراثت في استهلاك الوقود الزمني، ونتائج تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15، اذ اعطت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% اقل استهلاك للوقود لوحدة الزمن بلغ 3.54 لتر ساعة-1، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% اعلى استهلاك للوقود بلغ 5.74 لتر ساعة-1. وهذا يعود الى التأثير المشترك لكل من طبيعة عمل كل محراث ورطوبة التربة كما تم ذكره سابقاً.



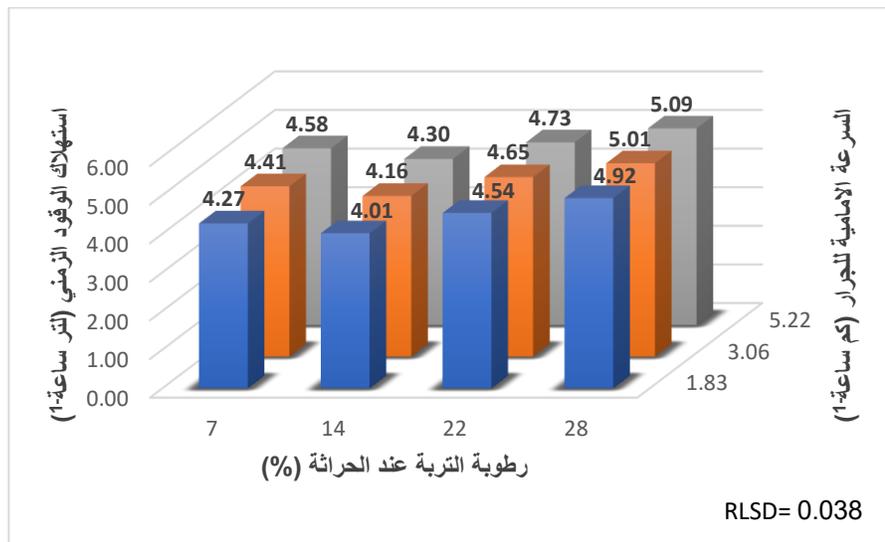
شكل (78) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع الحراث في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة-1)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني، اذ يبين الشكل 79 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني، اذ يلاحظ ان اعلى استهلاك وقود زمني كان عند الحراثة برطوبة تربة 28% وبعمق 25 سم بلغ 5.27 لتر ساعة-1، بينما أعطت الحراثة في رطوبة تربة 14% وبعمق حراثة 15 سم اقل استهلاك للوقود بلغ 3.92 لتر ساعة-1. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود.



الشكل (79) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

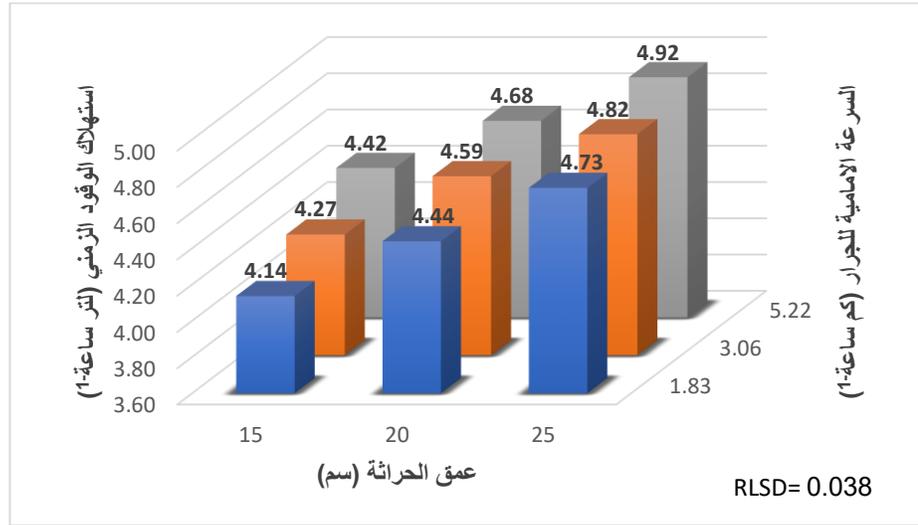
يلاحظ ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (الملحق 15)، اذ يبين الشكل 80 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ أظهرت النتائج ان اقل استهلاك وقود زمني كان عند رطوبة تربة 14% وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغ 4.01 لتر ساعة<sup>-1</sup>، بينما اعطت النتائج اعلى استهلاك للوقود على أساس الزمن عند رطوبة تربة 28% وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغ 5.09 لتر ساعة<sup>-1</sup>. ويعزى ذلك الى تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود.



شكل (80) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر

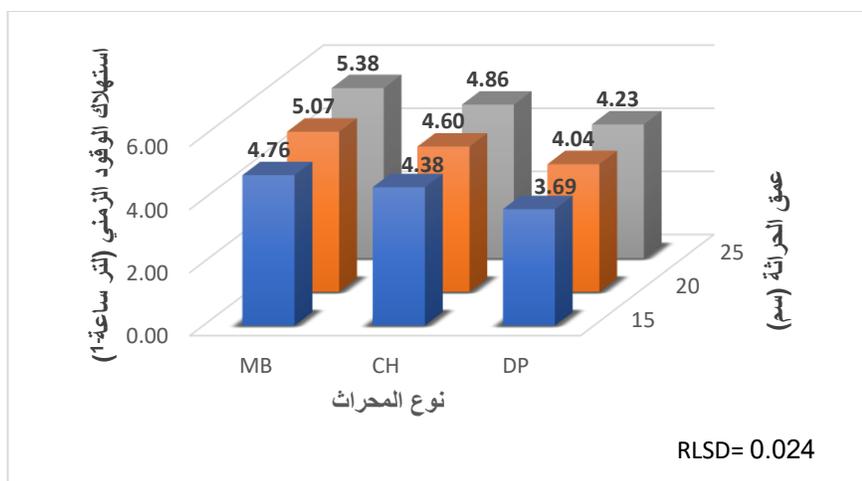
ساعة<sup>-1</sup>)

يبين الشكل 81 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني، اذ تفوقت معاملة الحراثة على عمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بأعطاء اقل استهلاك للوقود على أساس الزمن بلغ 4.14 لتر ساعة<sup>-1</sup>، في حين أعطت الحراثة على عمق 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى استهلاك للوقود بلغ 4.92 لتر ساعة<sup>-1</sup>. وهذا يعود الى تأثير كل من عمق الحراثة والسرعة الامامية في استهلاك الوقود الزمني.



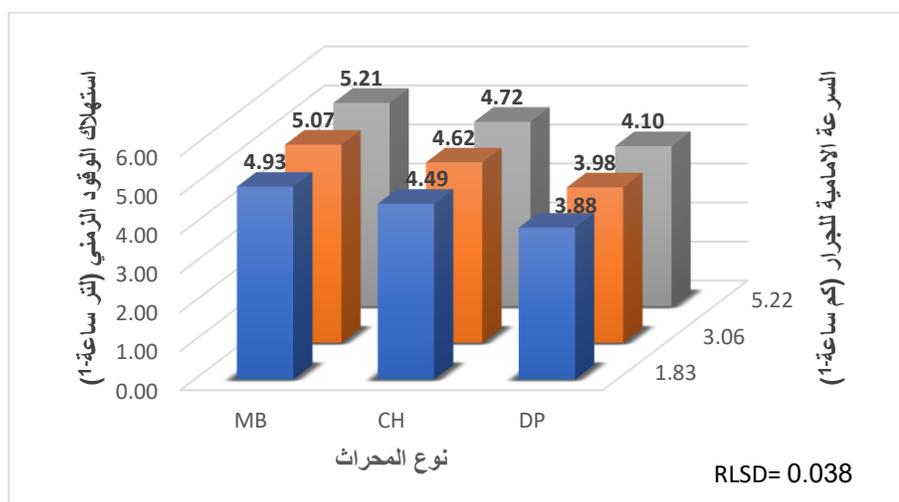
شكل (81) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 والشكل 82 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني، ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني، اذ أعطت الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق حراثة 15 سم اقل استهلاك للوقود الزمني بلغ 3.69 لتر ساعة<sup>-1</sup>، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق حراثة 25 سم اعلى استهلاك للوقود بلغ 5.38 لتر ساعة<sup>-1</sup>. ويعلل سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني.



الشكل (82) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

يبين الشكل 83 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ اظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان للتداخل تأثير معنوي في استهلاك الوقود الزمني، اذ بلغت اعلى قيمة لاستهلاك الوقود الزمني 5.21 لتر ساعة<sup>-1</sup> عند الحراثة بالمحراث المطرحي وبسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، اما اقل استهلاك للوقود الزمني كان عند الحراثة بالمحراث القرصي بسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغ 3.88 لتر ساعة<sup>-1</sup>. ويعتل سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار.



شكل (83) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر

ساعة<sup>-1</sup>)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني، اذ يبين الجدول 16 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني، اذ بين ان اقل استهلاك وقود زمني كان عند الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% وبعمق حراثة 15 سم بلغ 3.32 لتر ساعة<sup>-1</sup>، في حين أعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% وعمق حراثة 25 سم اعلى استهلاك للوقود الزمني بلغ 6.08 لتر ساعة<sup>-1</sup>. ويعزى ذلك الى تأثير كل من نوع المحراث ورطوبة التربة والعمق في استهلاك الوقود الزمني.

**جدول (16) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)**

| عمق الحراثة (سم) |      |      | نوع المحراث | الرطوبة (%) |
|------------------|------|------|-------------|-------------|
| 25               | 20   | 15   |             |             |
| 5.18             | 4.89 | 4.48 | MB          | 7           |
| 4.72             | 4.43 | 4.22 | CH          |             |
| 4.28             | 4.12 | 3.46 | DP          |             |
| 5.05             | 4.57 | 4.38 | MB          | 14          |
| 4.47             | 4.28 | 4.05 | CH          |             |
| 3.72             | 3.58 | 3.32 | DP          |             |
| 5.23             | 5.07 | 4.80 | MB          | 22          |
| 5.07             | 4.68 | 4.43 | CH          |             |
| 4.39             | 4.19 | 3.91 | DP          |             |
| 6.08             | 5.75 | 5.38 | MB          | 28          |
| 5.18             | 5.00 | 4.82 | CH          |             |
| 4.54             | 4.27 | 4.05 | DP          |             |
| 0.047            |      |      | RLSD        |             |

كما ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني كما موضح في اختبار F في الملحق 15 الذي يبين نتائج التحليل الاحصائي، اذ يلاحظ من الجدول 17 الذي يبين تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ اظهر ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي (DP) عند رطوبة تربة 14% وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اعطت اقل استهلاك وقود زمني بلغ 3.39 لتر ساعة<sup>-1</sup>، كما بينت النتائج ان اعلى استهلاك للوقود على أساس الزمن كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي (MB) عند

رطوبة تربة 28% وبسرعة امامية 2.55 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 5.85 لتر ساعة<sup>1</sup>. وهذا يعزى الى تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية في استهلاك الوقود الزمني.

**جدول (17) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)**

| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |      |      | نوع المحراث | الرطوبة (%) |
|--------------------------------------|------|------|-------------|-------------|
| 5.22                                 | 3.06 | 1.83 |             |             |
| 5.03                                 | 4.86 | 4.65 | MB          | 7           |
| 4.62                                 | 4.43 | 4.32 | CH          |             |
| 4.08                                 | 3.94 | 3.83 | DP          |             |
| 4.81                                 | 4.66 | 4.52 | MB          | 14          |
| 4.39                                 | 4.29 | 4.13 | CH          |             |
| 3.72                                 | 3.52 | 3.39 | DP          |             |
| 5.14                                 | 5.04 | 4.92 | MB          | 22          |
| 4.82                                 | 4.74 | 4.62 | CH          |             |
| 4.25                                 | 4.17 | 4.08 | DP          |             |
| 5.85                                 | 5.73 | 5.63 | MB          | 28          |
| 5.07                                 | 5.01 | 4.91 | CH          |             |
| 4.35                                 | 4.28 | 4.22 | DP          |             |
| 0.047                                |      |      | RLSD        |             |

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ يبين الجدول 18 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ وجد ان اقل استهلاك للوقود الزمني كان عند الحراثة برطوبة تربة 14% وبعمق حراثة 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اذ بلغ 3.75 لتر ساعة<sup>-1</sup>، في حين أدت الحراثة برطوبة تربة 28% عند عمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> الى اعطاء اعلى استهلاك للوقود على أساس الزمن بلغ 5.34 لتر ساعة<sup>-1</sup>. وهذا ناتج من تأثير التداخل لكل من رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في الاستهلاك الزمني للوقود.

جدول (18) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |             |             | عمق الحراثة<br>(سم) | الرطوبة (%) |
|--------------------------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| <b>5.22</b>                          | <b>3.06</b> | <b>1.83</b> |                     |             |
| 4.28                                 | 4.00        | 3.88        | <b>15</b>           |             |
| 4.61                                 | 4.53        | 4.30        | <b>20</b>           | <b>7</b>    |
| 4.85                                 | 4.72        | 4.61        | <b>25</b>           |             |
| 4.06                                 | 3.94        | 3.75        | <b>15</b>           |             |
| 4.30                                 | 4.14        | 3.99        | <b>20</b>           | <b>14</b>   |
| 4.55                                 | 4.40        | 4.29        | <b>25</b>           |             |
| 4.50                                 | 4.39        | 4.25        | <b>15</b>           |             |
| 4.74                                 | 4.67        | 4.54        | <b>20</b>           | <b>22</b>   |
| 4.96                                 | 4.90        | 4.83        | <b>25</b>           |             |
| 4.85                                 | 4.74        | 4.66        | <b>15</b>           |             |
| 5.09                                 | 5.02        | 4.92        | <b>20</b>           | <b>28</b>   |
| 5.34                                 | 5.26        | 5.19        | <b>25</b>           |             |
| 0.048                                |             |             | <b>RLSD</b>         |             |

كما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 والجدول 19 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي (DP) بعمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بأعطاء اقل استهلاك ووقود زمني اذ بلغ 3.55 لتر ساعة<sup>-1</sup>، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب (MB) بعمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى استهلاك للوقود الزمني بلغ 5.46 لتر ساعة<sup>-1</sup>. ويعلل سبب ذلك الى تأثير كل من نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني.

جدول (19) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

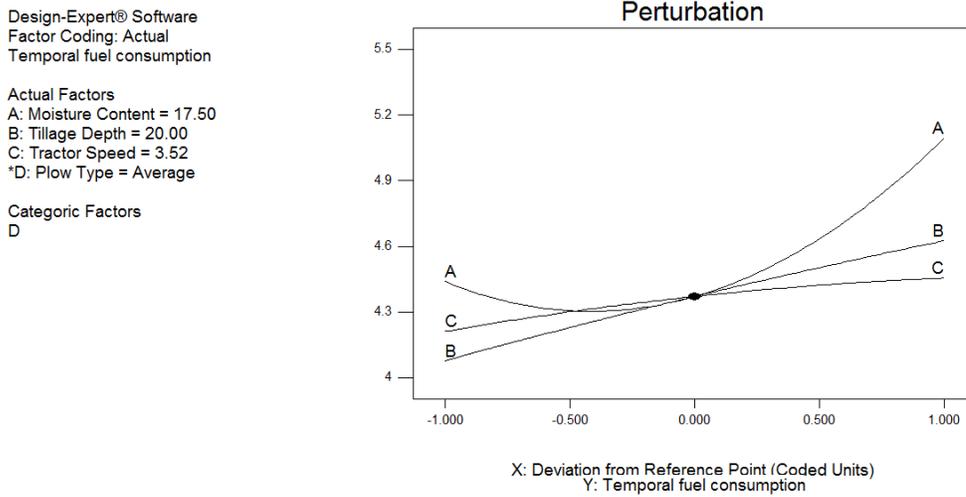
| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |      |      | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|--------------------------------------|------|------|------------------|
|             | 5.22                                 | 3.06 | 1.83 |                  |
| MB          | 4.95                                 | 4.74 | 4.59 | 15               |
|             | 5.22                                 | 5.10 | 4.89 | 20               |
|             | 5.46                                 | 5.38 | 5.32 | 25               |
|             | 4.48                                 | 4.39 | 4.27 | 15               |
| CH          | 4.72                                 | 4.61 | 4.47 | 20               |
|             | 4.97                                 | 4.86 | 4.74 | 25               |
|             | 3.84                                 | 3.67 | 3.55 | 15               |
| DP          | 4.11                                 | 4.06 | 3.96 | 20               |
|             | 4.35                                 | 4.22 | 4.13 | 25               |
| 0.046       |                                      |      | RLSD |                  |

ان للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود الزمني (ملحق 15)، اذ يبين الجدول 20 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي (DP) عند رطوبة تربة 14% بعمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بأعطاء اقل استهلاك ووقود زمني اذ بلغ 3.18 لتر ساعة<sup>-1</sup>، في حين اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب (MB) عند رطوبة تربة 28% بعمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى استهلاك للوقود الزمني بلغ 6.18 لتر ساعة<sup>-1</sup>. وهذا نتيجة تأثير تداخل كل من رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني.

جدول (20) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة<sup>-1</sup>)

| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |      |      | عمق الحراثة (سم) | نوع المحراث | الرطوبة (%) |    |
|--------------------------------------|------|------|------------------|-------------|-------------|----|
| 5.22                                 | 3.06 | 1.83 |                  |             |             |    |
| 4.79                                 | 4.39 | 4.26 | 15               | MB          | 7           |    |
| 5.09                                 | 5.01 | 4.56 | 20               |             |             |    |
| 5.22                                 | 5.19 | 5.13 | 25               |             |             |    |
| 4.31                                 | 4.20 | 4.16 | 15               | CH          |             |    |
| 4.58                                 | 4.40 | 4.30 | 20               |             |             |    |
| 4.97                                 | 4.69 | 4.49 | 25               |             |             |    |
| 3.75                                 | 3.39 | 3.24 | 15               | DP          |             |    |
| 4.15                                 | 4.16 | 4.05 | 20               |             |             |    |
| 4.35                                 | 4.28 | 4.22 | 25               |             |             |    |
| 4.49                                 | 4.39 | 4.26 | 15               | MB          |             | 14 |
| 4.78                                 | 4.56 | 4.35 | 20               |             |             |    |
| 5.14                                 | 5.05 | 4.96 | 25               |             |             |    |
| 4.22                                 | 4.13 | 3.81 | 15               | CH          |             |    |
| 4.37                                 | 4.28 | 4.19 | 20               |             |             |    |
| 4.57                                 | 4.48 | 4.37 | 25               |             |             |    |
| 3.48                                 | 3.31 | 3.18 | 15               | DP          |             |    |
| 3.74                                 | 3.59 | 3.43 | 20               |             |             |    |
| 3.93                                 | 3.68 | 3.55 | 25               |             |             |    |
| 4.99                                 | 4.82 | 4.59 | 15               | MB          | 22          |    |
| 5.14                                 | 5.08 | 4.98 | 20               |             |             |    |
| 5.28                                 | 5.22 | 5.19 | 25               |             |             |    |
| 4.52                                 | 4.42 | 4.34 | 15               | CH          |             |    |
| 4.82                                 | 4.72 | 4.51 | 20               |             |             |    |
| 5.10                                 | 5.08 | 5.02 | 25               |             |             |    |
| 4.00                                 | 3.92 | 3.82 | 15               | DP          |             |    |
| 4.25                                 | 4.20 | 4.13 | 20               |             |             |    |
| 4.49                                 | 4.39 | 4.28 | 25               |             |             |    |
| 5.53                                 | 5.36 | 5.25 | 15               | MB          |             | 28 |
| 5.85                                 | 5.75 | 5.66 | 20               |             |             |    |
| 6.18                                 | 6.08 | 5.98 | 25               |             |             |    |
| 4.89                                 | 4.81 | 4.75 | 15               | CH          |             |    |
| 5.10                                 | 5.02 | 4.87 | 20               |             |             |    |
| 5.24                                 | 5.19 | 5.12 | 25               |             |             |    |
| 4.12                                 | 4.05 | 3.97 | 15               | DP          |             |    |
| 4.32                                 | 4.27 | 4.22 | 20               |             |             |    |
| 4.62                                 | 4.53 | 4.48 | 25               |             |             |    |
| 0.076                                |      |      | RLSD             |             |             |    |

ان لعوامل الدراسة تأثير في استهلاك الوقود الزمني ولكن لكل عامل تأثير بنسبة معينة اذ يلاحظ من الشكل 84 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في استهلاك الوقود الزمني ان العامل الأكثر تأثيراً في استهلاك الوقود الزمني هو رطوبة التربة بنسبة 26% ثم عمق الحراثة بنسبة 13% ثم السرعة الامامية بنسبة 5%، وهذا يدل على ان رطوبة التربة عامل مهم في قياس استهلاك الوقود الزمني اذ يتأثر استهلاك الوقود الزمني بتغير رطوبة التربة نتيجة تأثيرها على الانزلاق وقوة السحب، ويأتي بعده عامل العمق ثم السرعة وللمحاريث الثلاث (مطرحي وقرصي وحفار).

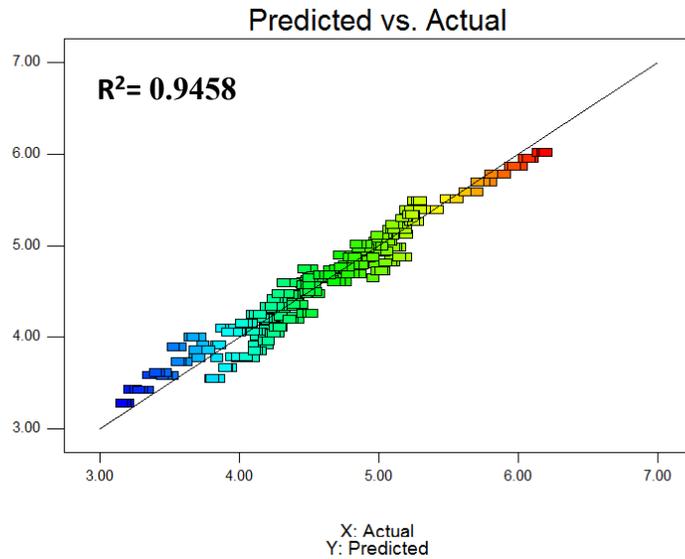


**شكل (84) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود الزمني (لتر ساعة-1)**

يبين الشكل 85 العلاقة بين استهلاك الوقود الزمني المتوقع به والمحسوب حقيقياً، اذ بين تحليل الانحدار لاستهلاك الوقود الزمني تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات مناسب حول خط الانحدار وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم استهلاك الوقود الزمني المحسوبه والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9458$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقيقية. ويبين الجدول 21 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ باستهلاك الوقود الزمني باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ باستهلاك الوقود الزمني للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Temporal fuel consumption

Color points by value of  
Temporal fuel consumption:



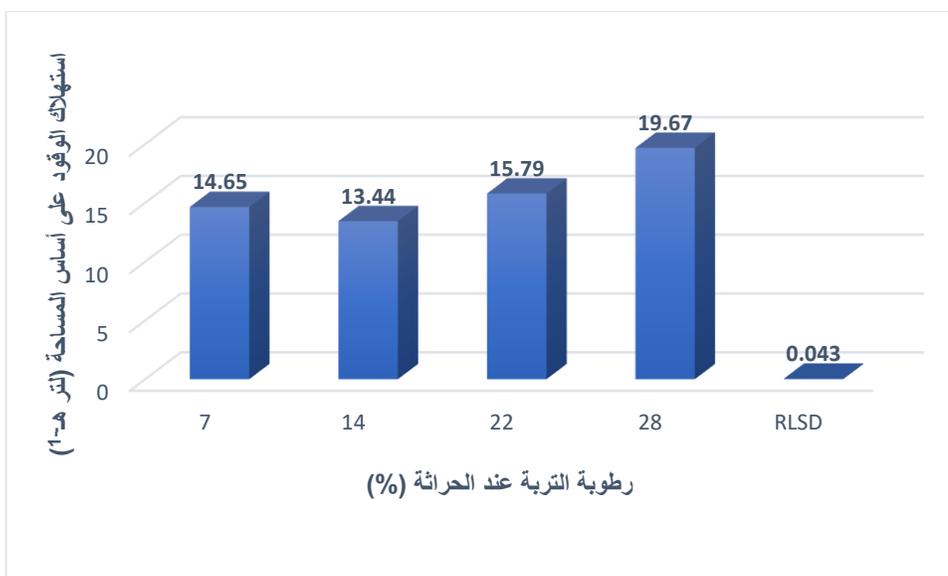
شكل (85) العلاقة بين استهلاك الوقود الزمني المتنبئ به والمحسوب حقلياً

جدول (21) المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود الزمني لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type             | Final Equation  |
|-----------------------|---|
| <b>Moldboard Plow</b> | <b>Temporal fuel consumption</b> = +2.70301 -0.063976 * Moisture Content +0.11403 * Tillage Depth +0.26716 * Tractor Speed -6.26296E-004 * Moisture Content * Tillage Depth -2.16503E-003 * Moisture Content * Tractor Speed -2.79353E-003 * Tillage Depth * Tractor Speed +3.59585E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> -7.77778E-004 * Tillage Depth <sup>2</sup> -0.013009 * Tractor Speed <sup>2</sup>  |
| <b>Chisel Plow</b>    | <b>Temporal fuel consumption</b> = +2.80357 -0.076524 * Moisture Content +0.099531 * Tillage Depth +0.25332 * Tractor Speed -6.26296E-004 * Moisture Content * Tillage Depth -2.16503E-003 * Moisture Content * Tractor Speed -2.79353E-003 * Tillage Depth * Tractor Speed +3.59585E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> -7.77778E-004 * Tillage Depth <sup>2</sup> -0.013009 * Tractor Speed <sup>2</sup> |
| <b>Disk Plow</b>      | <b>Temporal fuel consumption</b> = +2.15486 -0.082712 * Moisture Content +0.10648 * Tillage Depth +0.25160 * Tractor Speed -6.26296E-004 * Moisture Content * Tillage Depth -2.16503E-003 * Moisture Content * Tractor Speed -2.79353E-003 * Tillage Depth * Tractor Speed +3.59585E-003 * Moisture Content <sup>2</sup> -7.77778E-004 * Tillage Depth <sup>2</sup> -0.013009 * Tractor Speed <sup>2</sup>  |

#### 4. 1. 8. استهلاك الوقود على أساس المساحة Area-specific fuel consumption

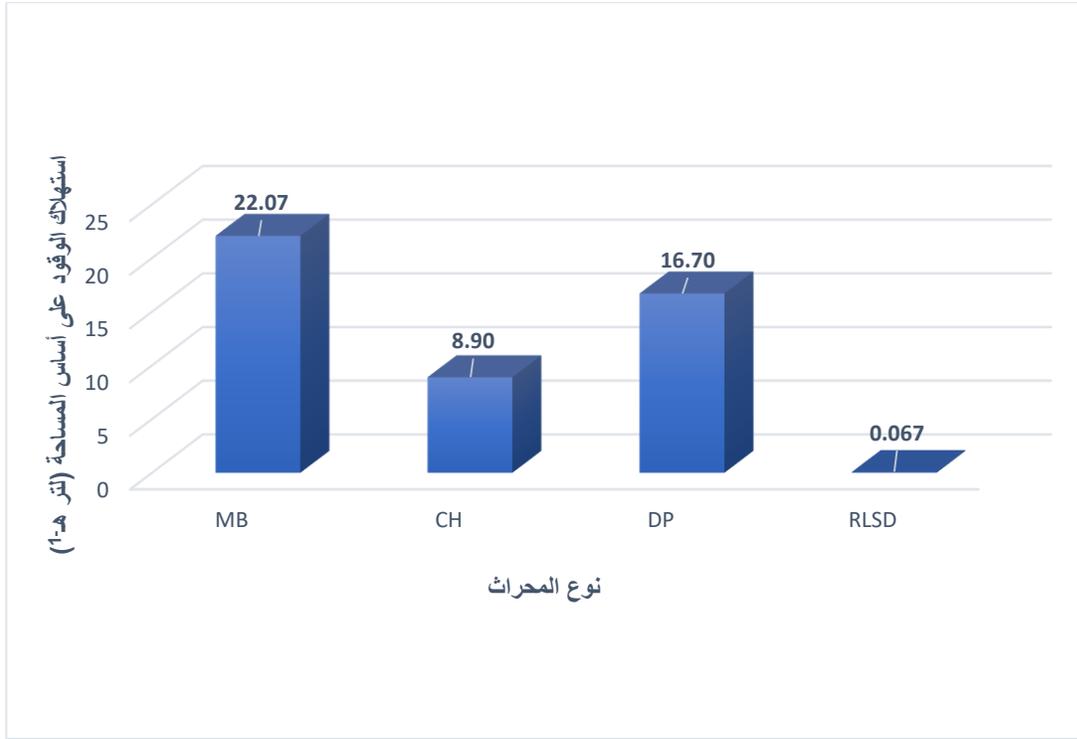
بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يلاحظ من الشكل 86 الذي يبين تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس المساحة ان رطوبة التربة 14% تفوقت معنوياً بأعطاء اقل استهلاك للوقود على أساس المساحة اذ بلغ 13.44 لتر هـ<sup>1</sup>، في حين ان استهلاك الوقود عند رطوبات التربة 7 و 22 و 28% بلغ 14.65 و 15.79 و 19.67 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى انخفاض استهلاك الوقود الزمني عند رطوبة التربة 14% الذي يتناسب طردياً مع استهلاك الوقود على أساس المساحة نتيجة تحسن مقاومة التربة وانخفاضها عند الحالة الهشة للتربة (14%) مما يقلل من قوة السحب وانزلاق الجرار فضلاً عن زيادة السرعة العملية للجرار نتيجة انخفاض الانزلاق وقوة السحب اذ تتناسب السرعة العملية عكسياً مع استهلاك الوقود على أساس المساحة مما أدى الى انخفاض استهلاك الوقود. لكن عند انخفاض رطوبة التربة الى 7% ازدادت قوة التربة نتيجة زيادة تماسكها الجزيئي وبالتالي زيادة قوة السحب والانزلاق وزيادة استهلاك الوقود الزمني وانخفاض السرعة العملية مما زاد من استهلاك الوقود، كما ان زيادة الرطوبة عن 22 و 28% أدت الى زيادة تماسك التربة والتصاقها بالمحراث وانخفاض التماسك ما بين عجلات الجرار والتربة نتيجة وجود طبقة شبه زيتية ما بين الإطار والتربة مسببة زيادة الانزلاق وانخفاض السرعة العملية وبالتالي زيادة استهلاك الوقود في وحدة المساحة. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه روضان (2012) عند اجراء عملية الحراثة بثلاث مستويات من المحتوى الرطوبي للتربة 11-13 و 14-16 و 17-19% اذ لاحظ زيادة استهلاك الوقود بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة اذ بلغ 56.8 و 59.1 و 61.8 لتر هـ<sup>1</sup> على التوالي وذلك نتيجة لزيادة الانزلاق بزيادة الرطوبة.



شكل (86) تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ-1)

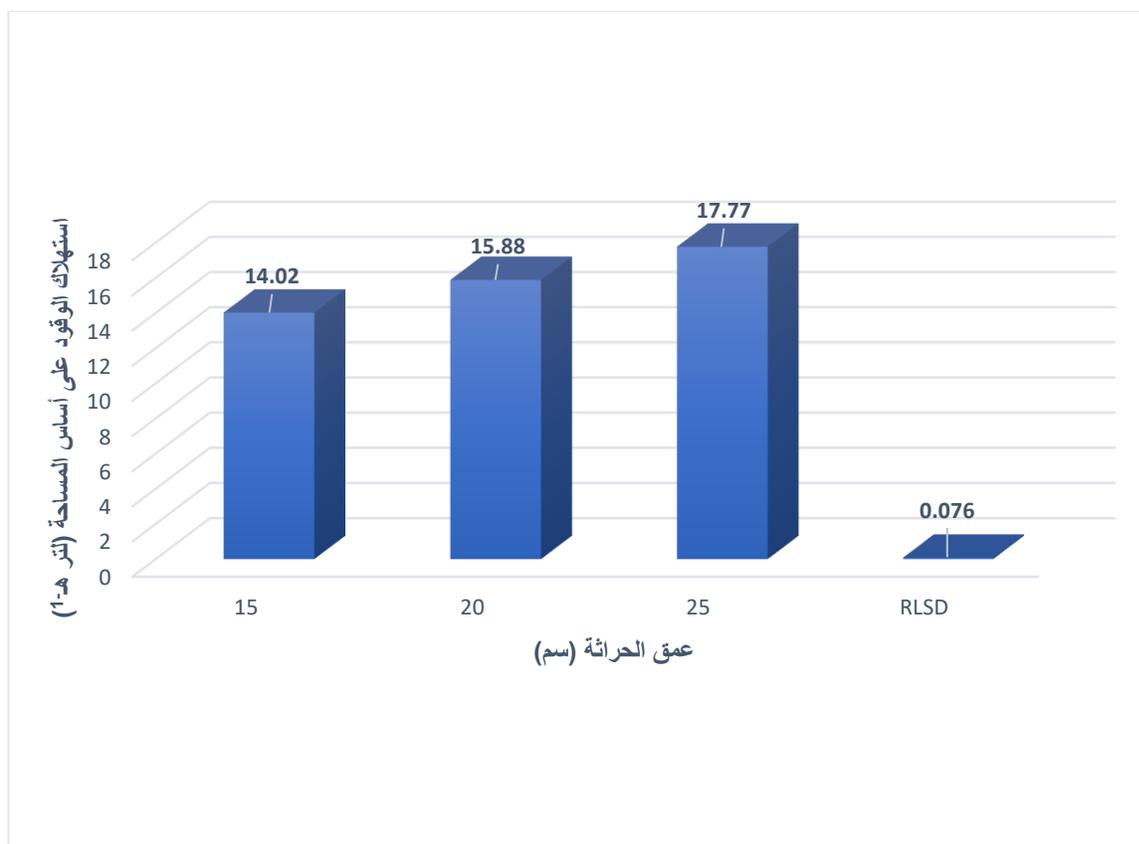
يبين الشكل 87 تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس المساحة، إذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية لنوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس المساحة، إذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار بأعطاء اقل استهلاك للوقود على أساس المساحة إذ بلغ 8.90 لتر هـ-1، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي الى اعطاء اعلى استهلاك للوقود بلغ 22.07 لتر هـ-1، في حين اعطت الحراثة بالمحراث القرصي استهلاك وقود بلغ 16.70 لتر هـ-1. ويعزى سبب تفوق المحراث الحفار الى كبر العرض الشغال للمحراث (220 سم) إذ يمكن حراثة مساحة هكتار بفترة اقل من المحارث الأخرى (100 سم للمحراث المطرحي والقرصي) وبالتالي انخفاض استهلاك الوقود على أساس المساحة المحروثة. بينما عند حراثة التربة بالمحراث المطرحي ازداد استهلاك الوقود نتيجة زيادة مقاومة التربة على المحراث بسبب تأثير طبيعة عمل المحراث المطرحي إذ يعمل على رفع وقلب مقطع التربة وبالتالي زيادة قوة السحب والانزلاق وانخفاض السرعة العملية مما يزيد من استهلاك الوقود. لكن عند الحراثة بالمحراث القرصي قلل استهلاك الوقود مقارنةً بالمحراث المطرحي وهذا بسبب فاعلية المحراث القرصي في تقليل مقاومة التربة من خلال دوران الأقراص إذ يعمل على شق التربة وقلبها من خلال أقراص دوارة وبالتالي تقل قوة السحب والانزلاق وتزداد السرعة العملية فيقل استهلاك الوقود. وهذا ما توصل اليه (Ranjbarian et al. (2017) عند الحراثة باستخدام ثلاث أنواع من المحارث مطرحي وقلب وحفار وقرصي إذ لاحظ ان اعلى استهلاك

للقود كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي وبسرعة 1.5 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 26.5 لتر هـ<sup>1</sup> و اقل استهلاك للقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار بسرعة 3 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 10.72 لتر هـ<sup>1</sup>.



شكل (87) تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ<sup>-1</sup>)

تبين نتائج التحليلي الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية لعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة، ويلاحظ من الشكل 88 الذي يبين تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة ان استهلاك الوقود يزداد بزيادة عمق الحراثة من 15 و 20 ثم 25 سم اذ بلغ استهلاك الوقود للأعماق 14.02 و 15.88 و 17.77 لتر هـ<sup>-1</sup> على التوالي. ويعلل سبب ذلك الى ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة ومثانة التربة ويزداد حجم التربة المحروثة امام المحراث مما يزيد من مقاومة التربة على المحراث وهذا يؤدي الى زيادة قوة السحب وبالتالي زيادة الانزلاق وانخفاض السرعة العملية للجرار وهذا يؤدي الى زيادة استهلاك الوقود في وحدة المساحة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Aridhee et al. (2020) اذ لاحظ ان استهلاك الوقود يزداد بزيادة عمق الحراثة وعزى سبب ذلك الى زيادة انزلاق عجلات الجرار بزيادة العمق.



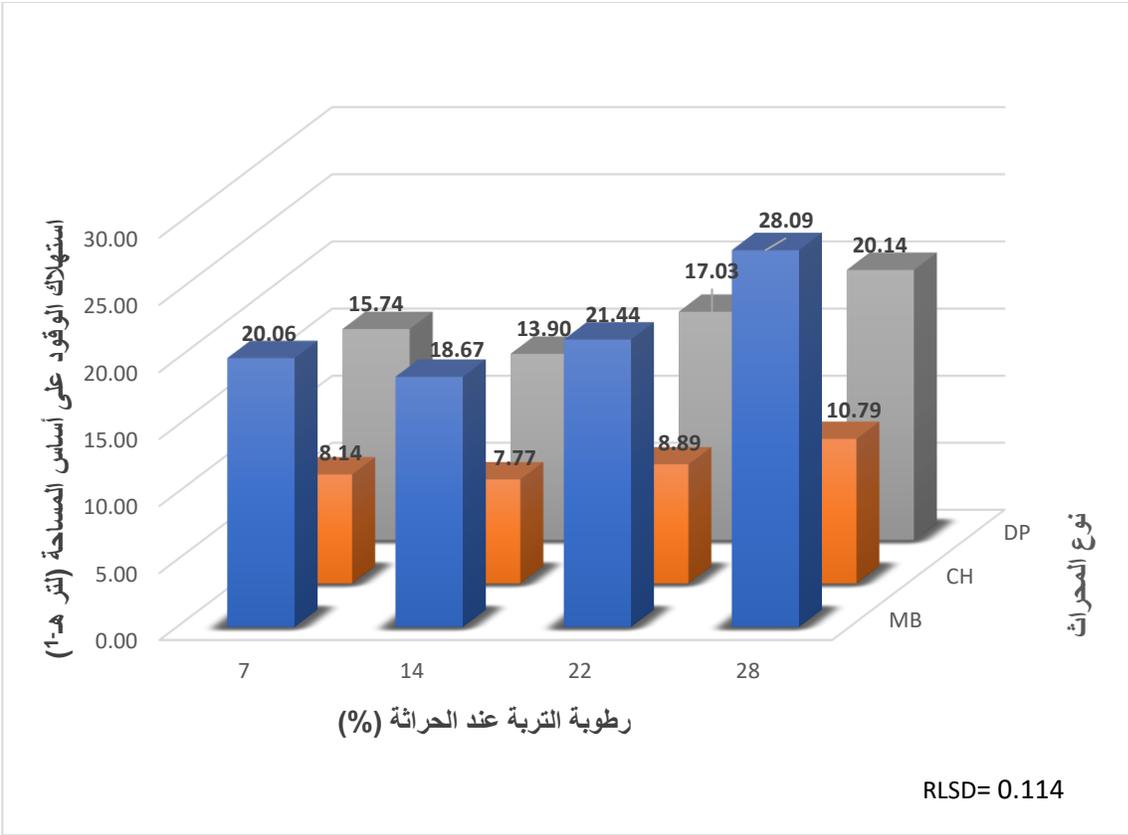
شكل (88) تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ-1)

وجد ان هناك تأثير عالي المعنوية للسرعة الامامية في استهلاك الوقود على أساس المساحة (ملحق 15)، اذ يوضح الشكل 89 تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة، يلاحظ ان استهلاك الوقود انخفض بزيادة السرعة الامامية للجرار بنسبة 144% بزيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>، اذ بلغ استهلاك الوقود 23.15 و 15.05 و 9.46 لتر هـ-1 للسرع 1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان زيادة السرعة الامامية للجرار تقلل من الوقت المطلوب لحراثة المساحة وبالتالي تزداد السرعة العملية فيقل استهلاك الوقود. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه Kareem and sve (2019) and وجد ان استهلاك الوقود انخفض بزيادة السرعة من 5 الى 7 كم ساعة<sup>1</sup> بنسبة 8%.



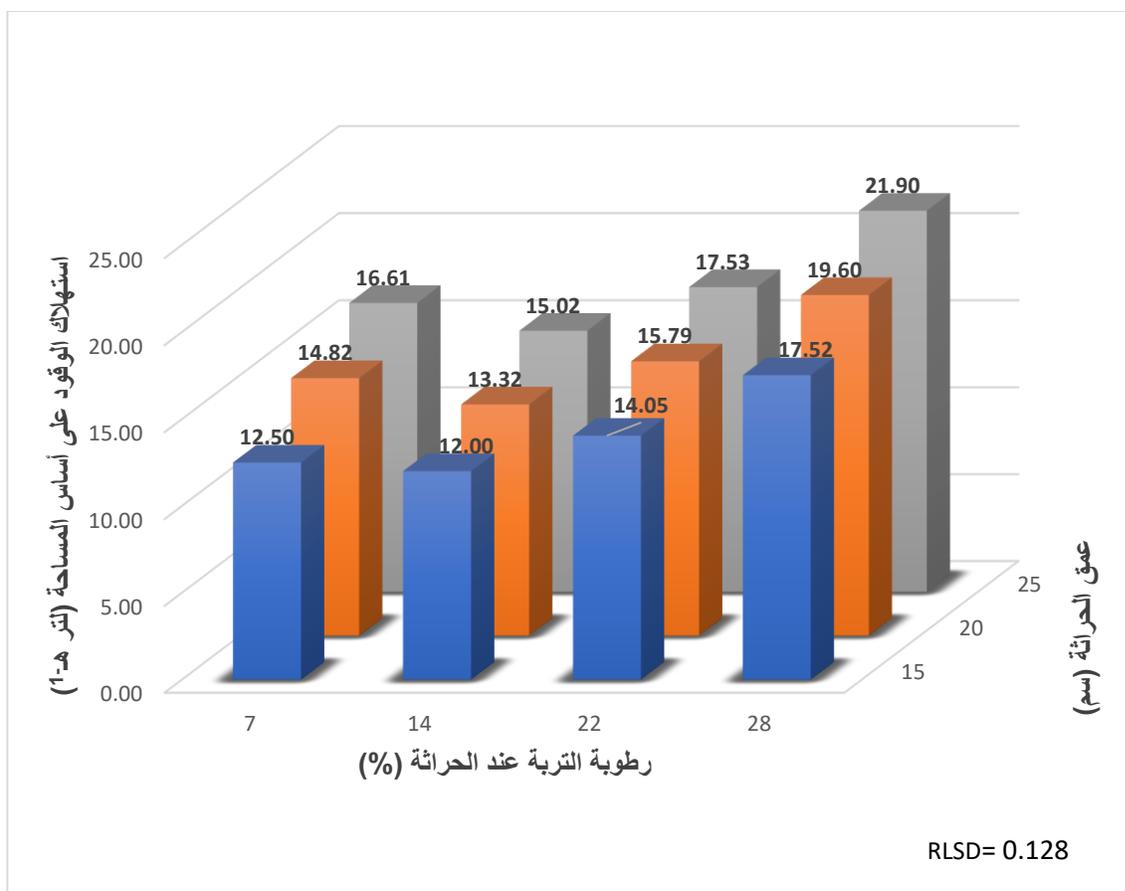
شكل (89) تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ-1)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث على استهلاك الوقود في وحدة المساحة، اذ يبين الشكل 90 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، حيث اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 14% اقل استهلاك للوقود بلغ 7.77 لتر هـ-1، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% الى اعطاء اعلى قيمة لاستهلاك الوقود بلغ 28.09 لتر هـ-1. وهذا ناتج من تأثير كل من نوع المحراث ورطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس المساحة.



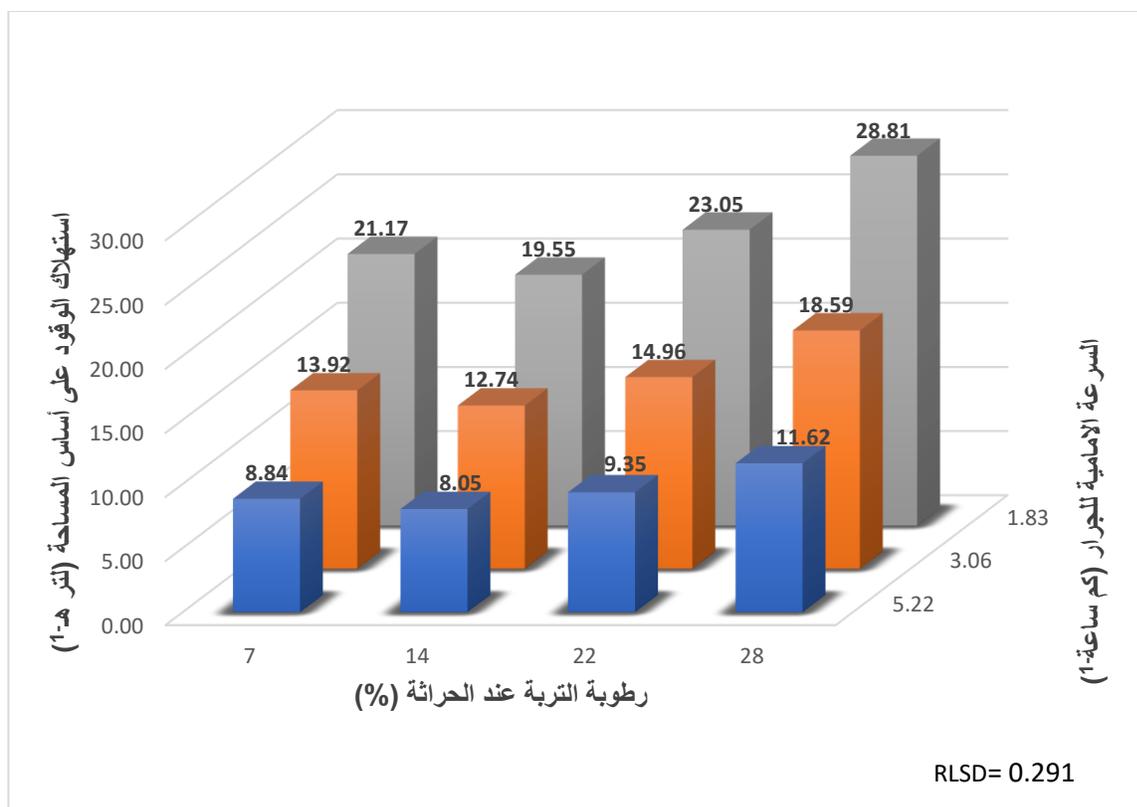
شكل (90) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

كما بينت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ يبين الشكل 91 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ تفوقت معاملة الحراثة بعمق 15 سم عند رطوبة تربة 14% بأعطاء اقل استهلاك للوقود بلغ 12.00 لتر هـ-1، بينما أعطت الحراثة بعمق 25 سم عند رطوبة تربة 28% اعلى استهلاك للوقود بلغ 21.90 لتر هـ-1. ويعزى ذلك الى التأثير المتداخل لكل من عمق الحراثة ورطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس المساحة.



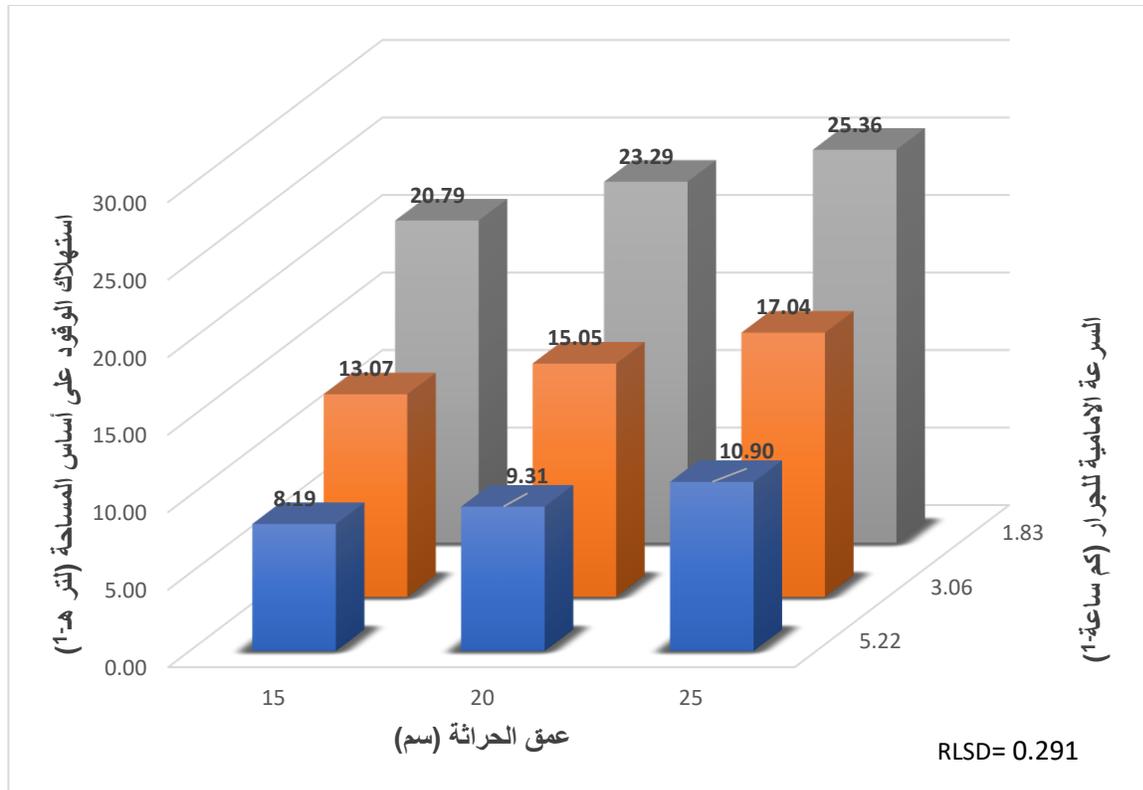
شكل (91) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

يبين الشكل 92 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ اظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ يلاحظ ان اقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> عند رطوبة تربة 14% بلغ 8.05 لتر هـ-1، في حين أعطت الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> عند رطوبة تربة 28% اعلى استهلاك للوقود بلغ 28.81 لتر هـ-1. ويعزى ذلك الى تأثير كل من رطوبة التربة والسرعة الامامية في استهلاك الوقود.



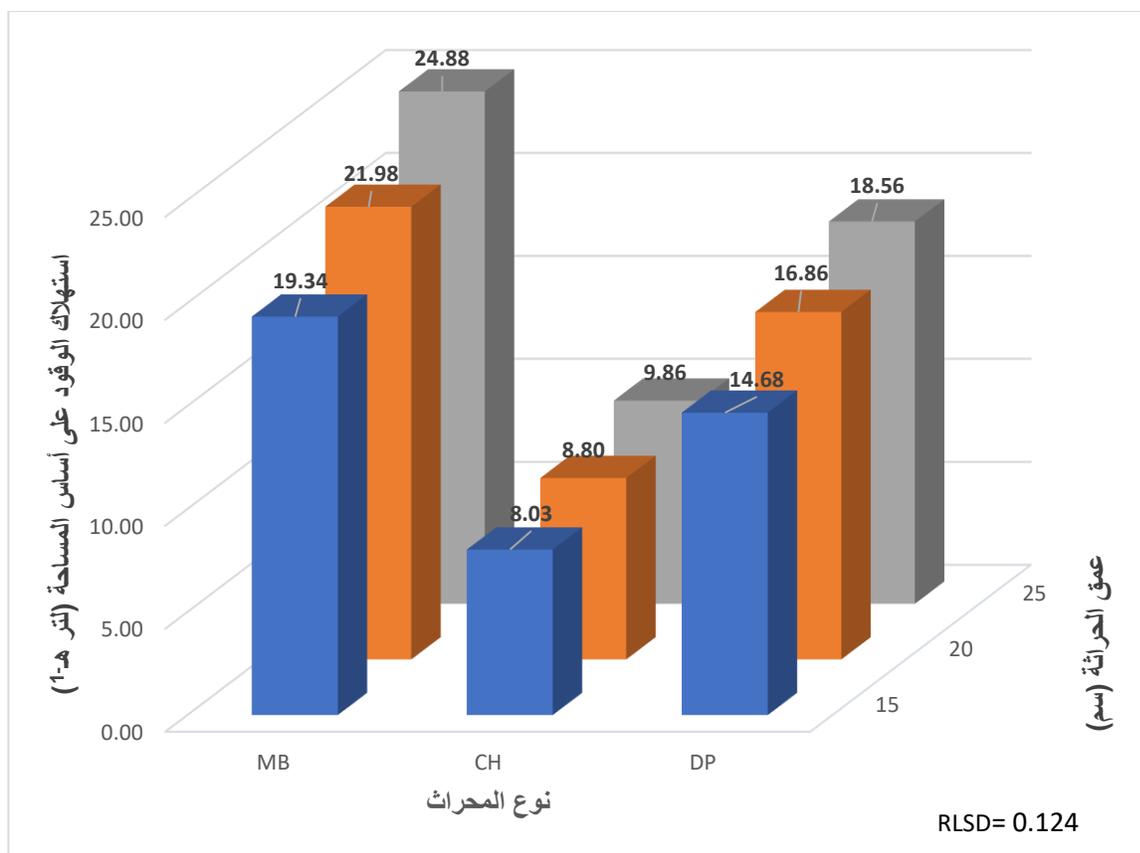
شكل (92) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

وجد ان للتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (ملحق 15)، كما يبين الشكل 93 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ تفوقت معاملة الحراثة بعمق 15 سم مع السرعة 5.22 كم ساعة-1 بأعطاء اقل استهلاك للوقود على أساس وحدة المساحة بلغ 8.19 لتر هـ-1، كما أظهرت النتائج ان اعلى استهلاك للوقود كان عند معاملة الحراثة بعمق 25 سم مع السرعة 1.83 كم ساعة-1 بلغ 25.36 لتر هـ-1. وهذا نتيجة تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار.



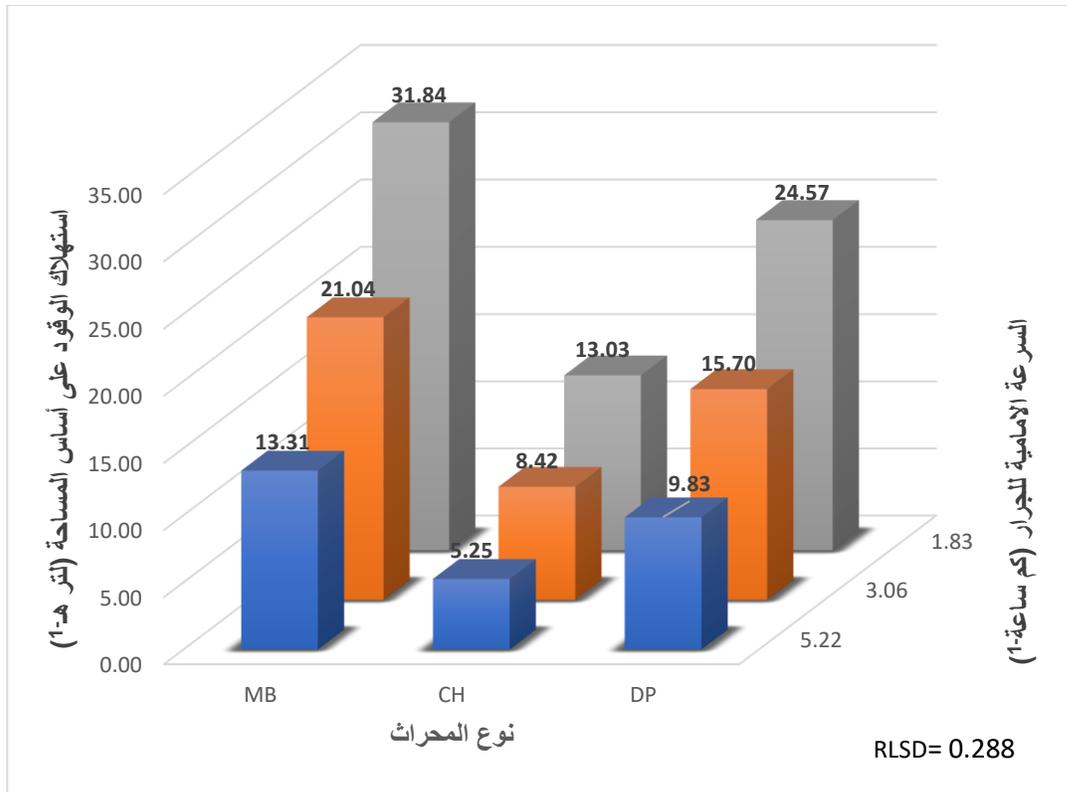
الشكل (93) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

يبين الشكل 94 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ اظهرت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اعطت اقل قيمة لاستهلاك الوقود عند الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق حراثة 15 سم اذ بلغت 8.03 لتر هـ-1، واعطت اعلى قيمة لاستهلاك الوقود عند الحراثة بالمحراث المطرحي عند عمق حراثة 25 سم اذ بلغت 24.88 لتر هـ-1، وهذا يعود الى تأثير كل من نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس المساحة.



شكل (94) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، ويبين الشكل 95 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بأعطاء اقل استهلاك للوقود بلغ 5.25 لتر هـ-1، بينما كان اعلى استهلاك للوقود عند الحراثة بالمحراث المطرحي بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغ 31.84 لتر هـ-1. وهذا نتيجة تأثير نوع المحراث والسرعة الامامية في استهلاك الوقود.



شكل (95) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على اساس وحدة المساحة (لتر هـ-1)

بينت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يبين الجدول 22 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يلاحظ ان اقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار بعمق حراثة 15 سم عند رطوبة تربة 14% بلغ 7.06 لتر هـ-1، وان اعلى استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق حراثة 25 سم عند رطوبة تربة 28% بلغ 31.48 لتر هـ-1.

جدول (22) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ<sup>1</sup>)

| عمق الحراثة (سم) |       |       | نوع المحراث | الرطوبة (%) |
|------------------|-------|-------|-------------|-------------|
| 25               | 20    | 15    |             |             |
| 22.84            | 20.08 | 17.26 | MB          | 7           |
| 9.05             | 8.04  | 7.33  | CH          |             |
| 17.95            | 16.36 | 12.90 | DP          |             |
| 21.53            | 18.08 | 16.39 | MB          | 14          |
| 8.47             | 7.78  | 7.06  | CH          |             |
| 15.05            | 14.09 | 12.55 | DP          |             |
| 23.66            | 21.61 | 19.06 | MB          | 22          |
| 10.09            | 8.71  | 7.88  | CH          |             |
| 18.82            | 17.06 | 15.20 | DP          |             |
| 31.48            | 28.14 | 24.66 | MB          | 28          |
| 11.83            | 10.69 | 9.85  | CH          |             |
| 22.41            | 19.95 | 18.06 | DP          |             |
| 0.239            |       |       | RLSD        |             |

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يبين الجدول 23 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ بينت النتائج ان اقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 14% وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 7.06 لتر هـ<sup>1</sup>، وان اعلى استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بلغ 40.76 لتر هـ<sup>1</sup>. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة والمحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة.

جدول (23) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ<sup>1</sup>)

| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |       |       | نوع المحراث | الرطوبة (%) |
|--------------------------------------|-------|-------|-------------|-------------|
| 5.22                                 | 3.06  | 1.83  |             |             |
| 12.29                                | 19.28 | 28.62 | MB          | 7           |
| 4.90                                 | 7.67  | 11.84 | CH          |             |
| 9.34                                 | 14.82 | 23.05 | DP          |             |
| 11.30                                | 17.77 | 26.93 | MB          | 14          |
| 4.52                                 | 7.38  | 11.40 | CH          |             |
| 8.31                                 | 13.07 | 20.31 | DP          |             |
| 12.84                                | 20.43 | 31.05 | MB          | 22          |
| 5.24                                 | 8.43  | 13.01 | CH          |             |
| 9.96                                 | 16.02 | 25.09 | DP          |             |
| 16.82                                | 26.70 | 40.76 | MB          | 28          |
| 6.32                                 | 10.19 | 15.86 | CH          |             |
| 11.71                                | 18.90 | 29.82 | DP          |             |
| 0.343                                |       |       | RLSD        |             |

يلاحظ من بيانات تحليل التباين في الملحق 15 ان تأثير التداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار لم يكن معنوياً في استهلاك الوقود على أساس المساحة. بينما بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل الثلاثي ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يبين الجدول 24 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ اظهرت النتائج تفوق معاملة الحراثة بالمحراث الحفار بعمق حراثة 15 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بأعطاء اقل استهلاك للوقود بلغ 4.58 لتر هـ<sup>-1</sup>، في حين اعطت معاملة الحراثة بالمحراث المطرحي بعمق 25 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى استهلاك للوقود بلغ 34.99 لتر هـ<sup>-1</sup>.

الجدول (24) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ<sup>1</sup>)

| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |       |       | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|--------------------------------------|-------|-------|------------------|
|             | 5.22                                 | 3.06  | 1.83  |                  |
| MB          | 11.40                                | 17.99 | 28.64 | 15               |
|             | 13.13                                | 20.91 | 31.89 | 20               |
|             | 15.41                                | 24.23 | 34.99 | 25               |
| CH          | 4.58                                 | 7.53  | 11.97 | 15               |
|             | 5.11                                 | 8.34  | 12.97 | 20               |
|             | 6.05                                 | 9.39  | 14.15 | 25               |
| DP          | 8.58                                 | 13.69 | 21.76 | 15               |
|             | 9.68                                 | 15.90 | 25.02 | 20               |
|             | 11.24                                | 17.51 | 26.93 | 25               |
|             | 0.356                                |       |       | RLSD             |

اما التداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار فقد أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 15) ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ أظهرت النتائج في الجدول 25 ان اقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 14% وبعمق حراثة 15 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اذ بلغ 4.10 لتر هـ<sup>1</sup>، بينما بلغ اعلى استهلاك للوقود 44.09 لتر هـ<sup>1</sup> عند الحراثة بالمحراث المطرحي برطوبة تربة 28% وبعمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup>.

الجدول (25) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ-1)

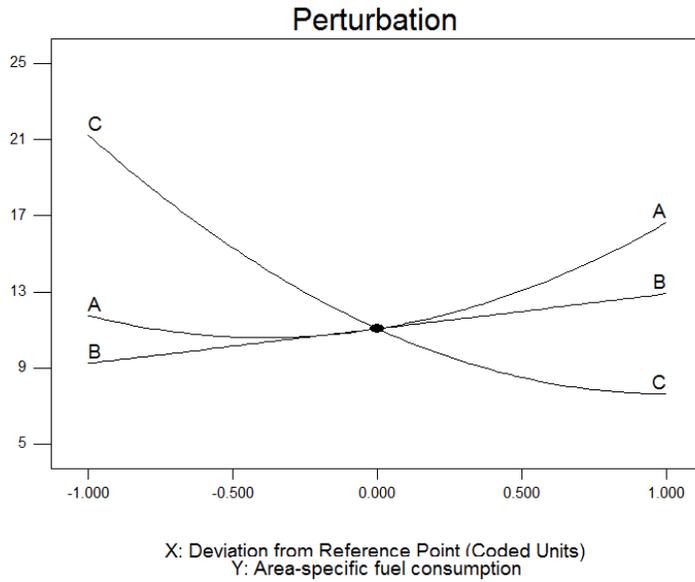
| سرعة الجرار (كم ساعة <sup>-1</sup> ) |       |       | عمق الحراثة<br>(سم) | نوع المحراث | الرطوبة (%) |    |
|--------------------------------------|-------|-------|---------------------|-------------|-------------|----|
| 5.22                                 | 3.06  | 1.83  |                     |             |             |    |
| 10.53                                | 15.92 | 25.34 | 15                  | MB          | 7           |    |
| 12.24                                | 19.62 | 28.38 | 20                  |             |             |    |
| 14.09                                | 22.30 | 32.13 | 25                  |             |             |    |
| 4.18                                 | 6.81  | 11.01 | 15                  | CH          |             |    |
| 4.74                                 | 7.55  | 11.82 | 20                  |             |             |    |
| 5.79                                 | 8.66  | 12.69 | 25                  |             |             |    |
| 7.96                                 | 11.97 | 18.77 | 15                  | DP          |             |    |
| 9.30                                 | 15.49 | 24.28 | 20                  |             |             |    |
| 10.76                                | 17.00 | 26.10 | 25                  |             |             |    |
| 9.50                                 | 15.28 | 24.38 | 15                  | MB          |             |    |
| 11.05                                | 17.16 | 26.04 | 20                  |             |             |    |
| 13.34                                | 20.87 | 30.38 | 25                  |             |             |    |
| 4.10                                 | 6.81  | 10.27 | 15                  | CH          |             | 14 |
| 4.35                                 | 7.38  | 11.61 | 20                  |             |             |    |
| 5.12                                 | 7.96  | 12.32 | 25                  |             |             |    |
| 7.32                                 | 11.76 | 18.57 | 15                  | DP          |             |    |
| 8.26                                 | 13.39 | 20.62 | 20                  |             |             |    |
| 9.36                                 | 14.05 | 21.76 | 25                  |             |             |    |
| 11.25                                | 17.91 | 28.03 | 15                  | MB          |             |    |
| 12.68                                | 20.39 | 31.75 | 20                  |             |             |    |
| 14.60                                | 23.01 | 33.38 | 25                  |             |             |    |
| 4.50                                 | 7.34  | 11.79 | 15                  | CH          | 22          |    |
| 5.12                                 | 8.30  | 12.70 | 20                  |             |             |    |
| 6.10                                 | 9.64  | 14.55 | 25                  |             |             |    |
| 8.72                                 | 14.19 | 22.69 | 15                  | DP          |             |    |
| 9.77                                 | 16.02 | 25.40 | 20                  |             |             |    |
| 11.4                                 | 17.86 | 27.20 | 25                  |             |             |    |
| 14.31                                | 22.86 | 36.79 | 15                  | MB          |             |    |
| 16.55                                | 26.48 | 41.39 | 20                  |             |             |    |
| 19.60                                | 30.74 | 44.09 | 25                  |             |             |    |
| 5.57                                 | 9.16  | 14.81 | 15                  | CH          | 28          |    |
| 6.21                                 | 10.13 | 15.74 | 20                  |             |             |    |
| 7.18                                 | 11.28 | 17.02 | 25                  |             |             |    |
| 10.31                                | 16.84 | 27.03 | 15                  | DP          |             |    |
| 11.38                                | 18.71 | 29.77 | 20                  |             |             |    |
| 13.44                                | 21.14 | 32.65 | 25                  |             |             |    |
| 0.590                                |       |       |                     | RLSD        |             |    |

يبين الشكل 96 تأثير عوامل الدراسة في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ يلاحظ ان لعوامل الدراسة تأثير بنسب متفاوتة في استهلاك الوقود على أساس المساحة، اذ ان العامل الأكثر تأثيراً في استهلاك الوقود على أساس المساحة هو السرعة الامامية اذ تؤثر بنسبة 59% ثم رطوبة التربة بنسبة 54% ثم العمق بنسبة 26%، وهذا يدل على ان السرعة الامامية عامل مهم ومؤثر في قياس استهلاك الوقود على أساس المساحة اذ يتأثر استهلاك الوقود على أساس المساحة بتغير السرعة الامامية، ويأتي بعده عامل الرطوبة ثم العمق.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Area-specific fuel consumption

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

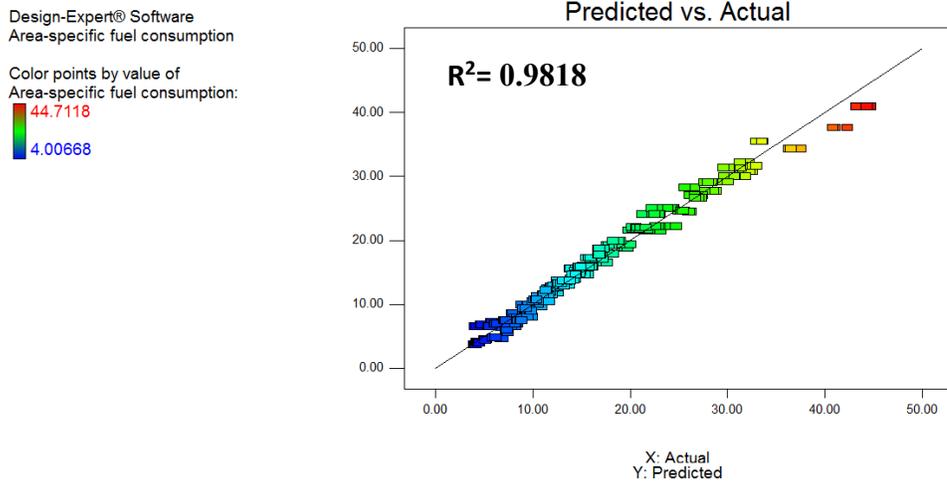
Categoric Factors  
D



شكل (96) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس المساحة (لتر هـ-1)

ولغرض الحصول على علاقة تنبؤية لاستهلاك الوقود على أساس المساحة ما بين القيم المحسوبة حقيقياً والقيم المتنبئ بها تم استخدام برنامج Design Expert اذ يبين الشكل 97 العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس المساحة المتنبئ به والمحسوب حقيقياً، اذ بين تحليل الانحدار لاستهلاك الوقود على أساس المساحة تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات مناسب حول خط الانحدار وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم استهلاك الوقود المحسوبة والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9818$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقيقية. ويبين الجدول 26 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ باستهلاك الوقود على أساس المساحة باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة

وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ باستهلاك الوقود على أساس المساحة للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.



شكل (97) العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس المساحة المتنبئ به والمحسوب حقلياً

جدول (26) المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود على أساس المساحة لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation  |
|-----------------------|---|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Area-specific fuel consumption} = +34.92578 - 0.43528 * \text{Moisture Content} + 0.69570 * \text{Tillage Depth} - 11.44442 * \text{Tractor Speed} + 1.64673\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 0.065701 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.055084 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.028430 * \text{Moisture Content}^2 + 3.53296\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 1.17689 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Area-specific fuel consumption} = +23.21797 - 0.67927 * \text{Moisture Content} + 0.32543 * \text{Tillage Depth} - 8.39517 * \text{Tractor Speed} + 1.64673\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 0.065701 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.055084 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.028430 * \text{Moisture Content}^2 + 3.53296\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 1.17689 * \text{Tractor Speed}^2$  |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Area-specific fuel consumption} = +31.71648 - 0.57736 * \text{Moisture Content} + 0.53056 * \text{Tillage Depth} - 10.35577 * \text{Tractor Speed} + 1.64673\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 0.065701 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.055084 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.028430 * \text{Moisture Content}^2 + 3.53296\text{E-}004 * \text{Tillage Depth}^2 + 1.17689 * \text{Tractor Speed}^2$ |

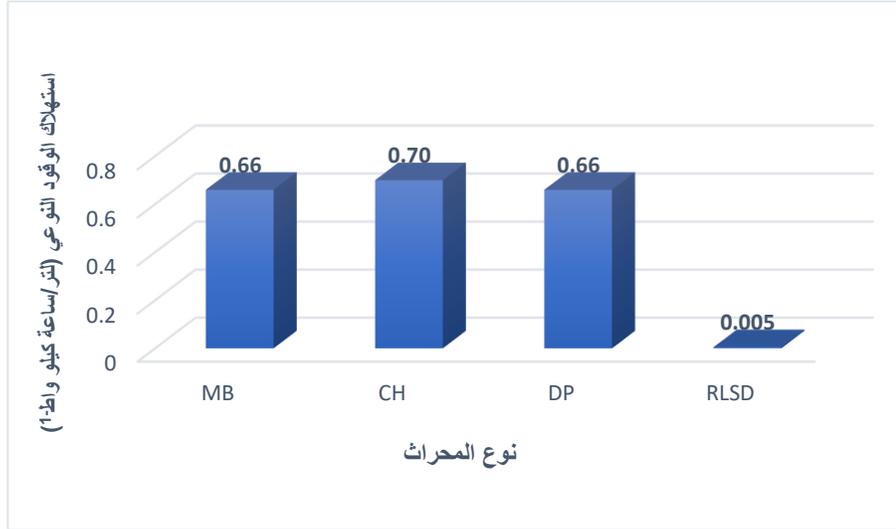
#### 4. 1. 9. استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (النوعي) Specific fuel consumption

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ يلاحظ من الشكل 98 الذي يبين تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب ان رطوبة التربة 28% اعطت اعلى استهلاك للوقود على أساس القدرة اذ بلغ 0.77 لتر/ساعة كيلو واط-1، تلتها معاملة الرطوبة 22% والرطوبة 7% اذ بلغ استهلاك الوقود 0.66 و 0.64 لتر/ساعة كيلو واط-1 على التوالي، بينما اعطت معاملة الرطوبة 14% اقل استهلاك للوقود على أساس القدرة اذ بلغ 0.63 لتر/ساعة كيلو واط-1. ويعزى سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى تأثير رطوبة التربة في قوة التربة الناتج من التماسك اذ تقل قوة التربة عند هذا المستوى نتيجة انخفاض التماسك الجزيئي والتماسك المتأني من الأفلام المائية مما يقلل من قوة التربة ومقاومتها وبالتالي تقل قوة السحب والانزلاق مما يقلل من استهلاك الوقود الزمني وبالتالي انخفاض استهلاك الوقود على أساس القدرة. بينما عند زيادة الرطوبة عند 22 و 28% سيزداد التماسك المتأني من الأفلام المائية ويزداد التصاق التربة بالمحراث مسبباً زيادة في قوة السحب والانزلاق وبالتالي زيادة استهلاك الوقود على أساس القدرة. وهذا ما توصل اليه (Ghali 2019) اذ لاحظ زيادة استهلاك الوقود بزيادة الرطوبة بنسبة 6.85% وذلك نتيجة زيادة مقاومة التربة وزيادة قوة السحب.



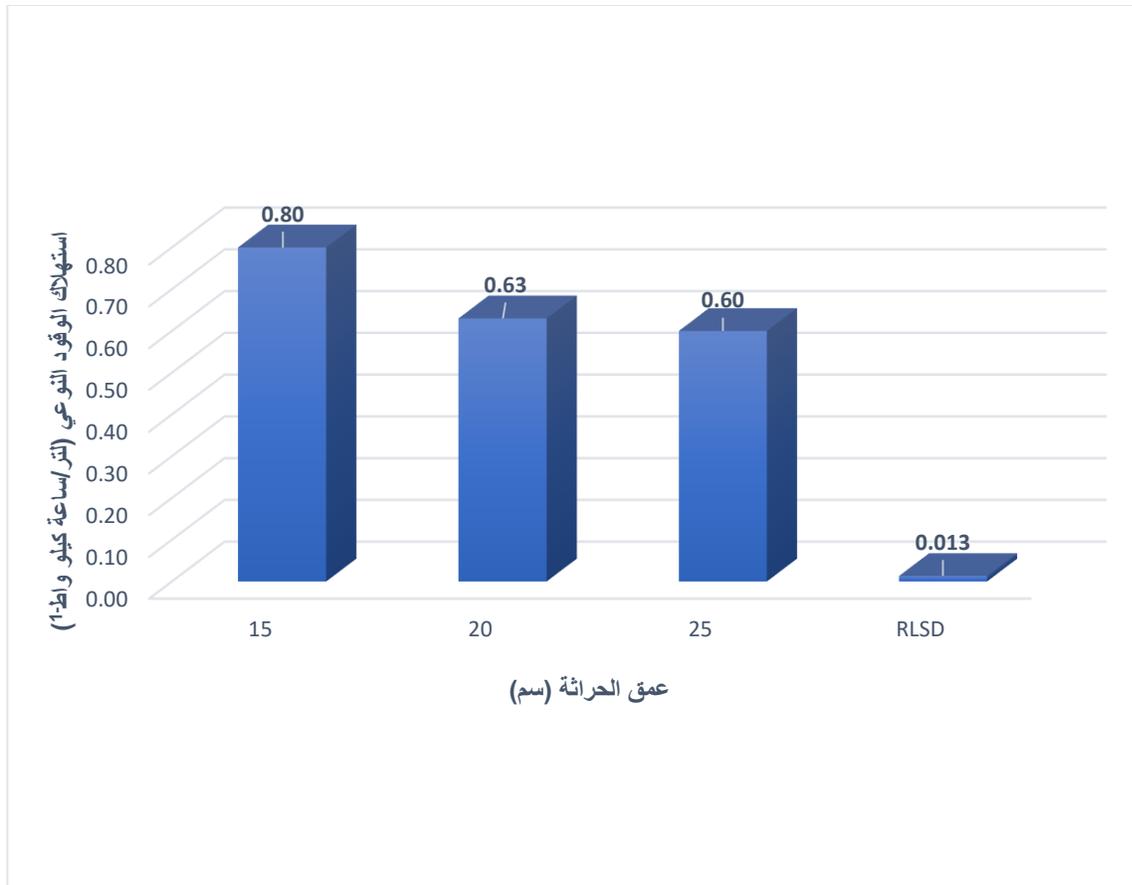
شكل (98) تأثير رطوبة التربة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ يلاحظ من الشكل 99 ان اعلى استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث الحفار بلغ 0.70 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup>، بينما اعطت الحراثة بالمحراث القرصي اقل استهلاك للوقود على أساس القدرة وبدون فارق معنوي مع المحراث المطرحي اذ بلغ 0.66 و 0.66 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> للمحراث القرصي والمطرحي على التوالي. ويعلل سبب تسجيل المحراث الحفار اعلى استهلاك للوقود الى كبر العرض الشغال للمحراث وانخفاض قدرة السحب مقارنةً بالمحراث المطرحي مما أدى الى زيادة استهلاك الوقود، في حين أدت الحراثة بالمحراث القرصي الى تقليل استهلاك الوقود الزمني مما قلل من استهلاك الوقود على أساس القدرة كما ان زيادة قدرة السحب عند المحراث المطرحي أدت الى خفض استهلاك الوقود على أساس القدرة وذلك نتيجة العلاقة العكسية ما بين قدرة السحب واستهلاك الوقود على أساس القدرة.



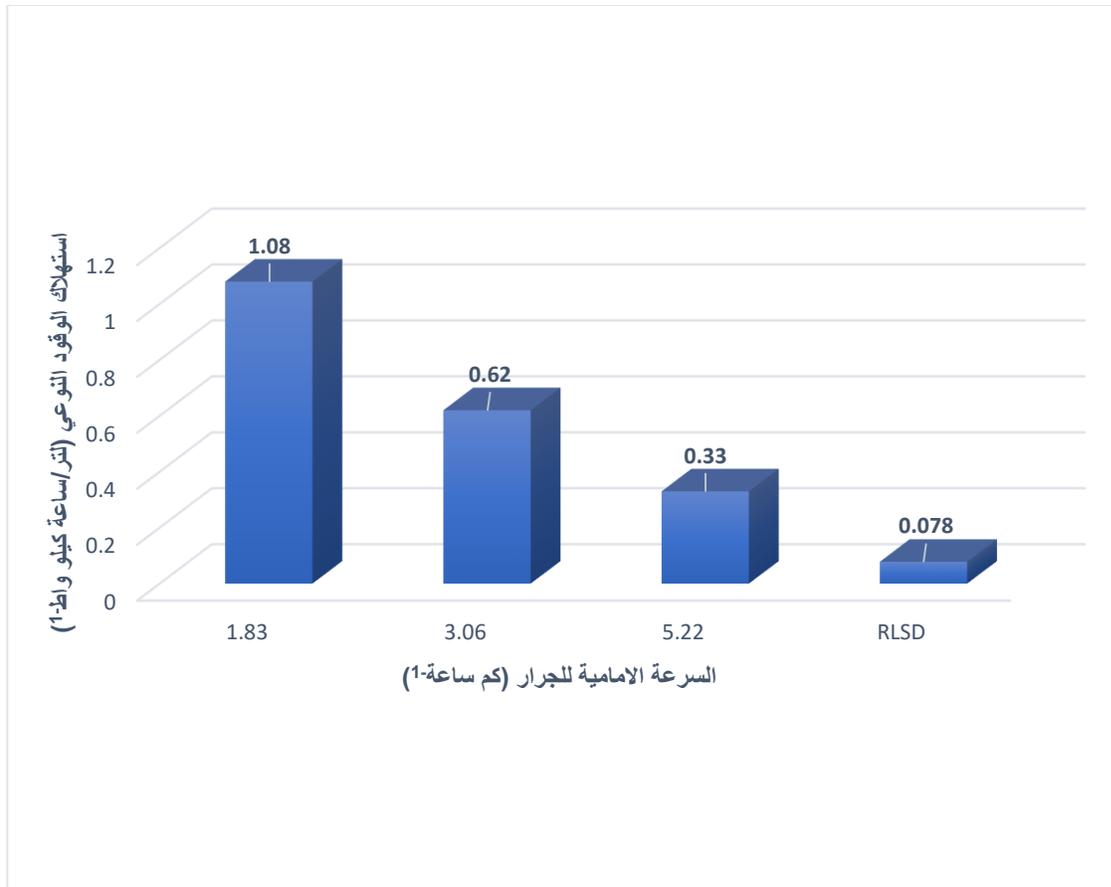
شكل (99) تأثير نوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup>)

يبين الشكل 100 تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية لعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ انخفض استهلاك الوقود على أساس القدرة بزيادة عمق الحراثة من 15 ثم 20 الى 25 سم اذ بلغ 0.80 و 0.63 و 0.60 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> للأعماق على التوالي بفارق معنوي بين الأعماق. ويعزى سبب ذلك الى زيادة مقاومة التربة وقوتها بزيادة عمق الحراثة مما يزيد من قوة السحب وبالتالي زيادة قدرة السحب التي تتناسب عكسياً مع استهلاك الوقود على أساس القدرة مما يقلل من استهلاك الوقود بزيادة العمق.



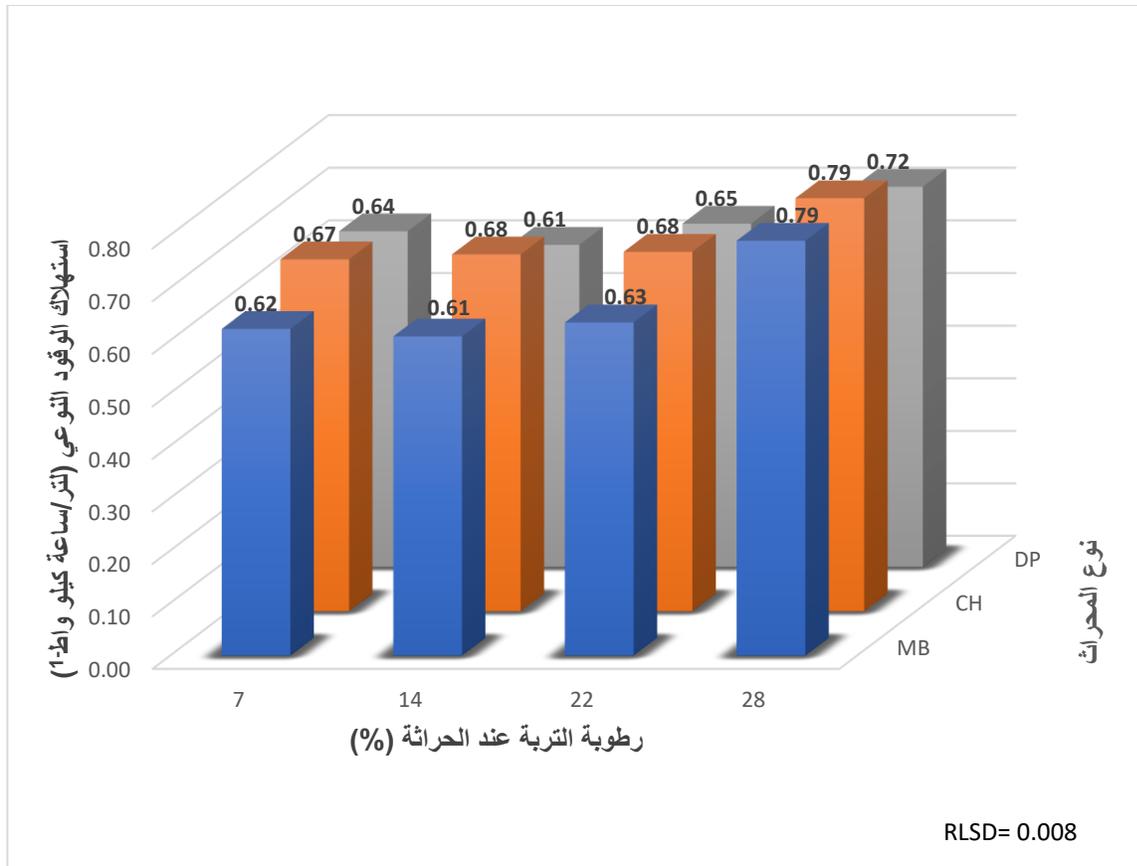
شكل (100) تأثير عمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

تبين النتائج في الشكل 101 تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان للسرعة الامامية تأثير عالي المعنوية في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب، اذ يلاحظ ان بزيادة السرعة يقل استهلاك الوقود على أساس القدرة اذ بلغ استهلاك الوقود 1.08 و 0.62 و 0.33 لتر/ساعة كيلو واط-1 للسرع 1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة-<sup>1</sup> على التوالي. ويعود سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة تزداد قدرة السحب نتيجة زيادة قوة السحب الناتجة من زيادة تعجيل الكتل الترابية واحتكاكها مع بعضها امام المحراث مما يزيد من مقاومة التربة امام المحراث وبما ان قدرة السحب تتناسب عكسياً مع استهلاك الوقود على أساس القدرة سيقبل استهلاك الوقود مع زيادة السرعة.



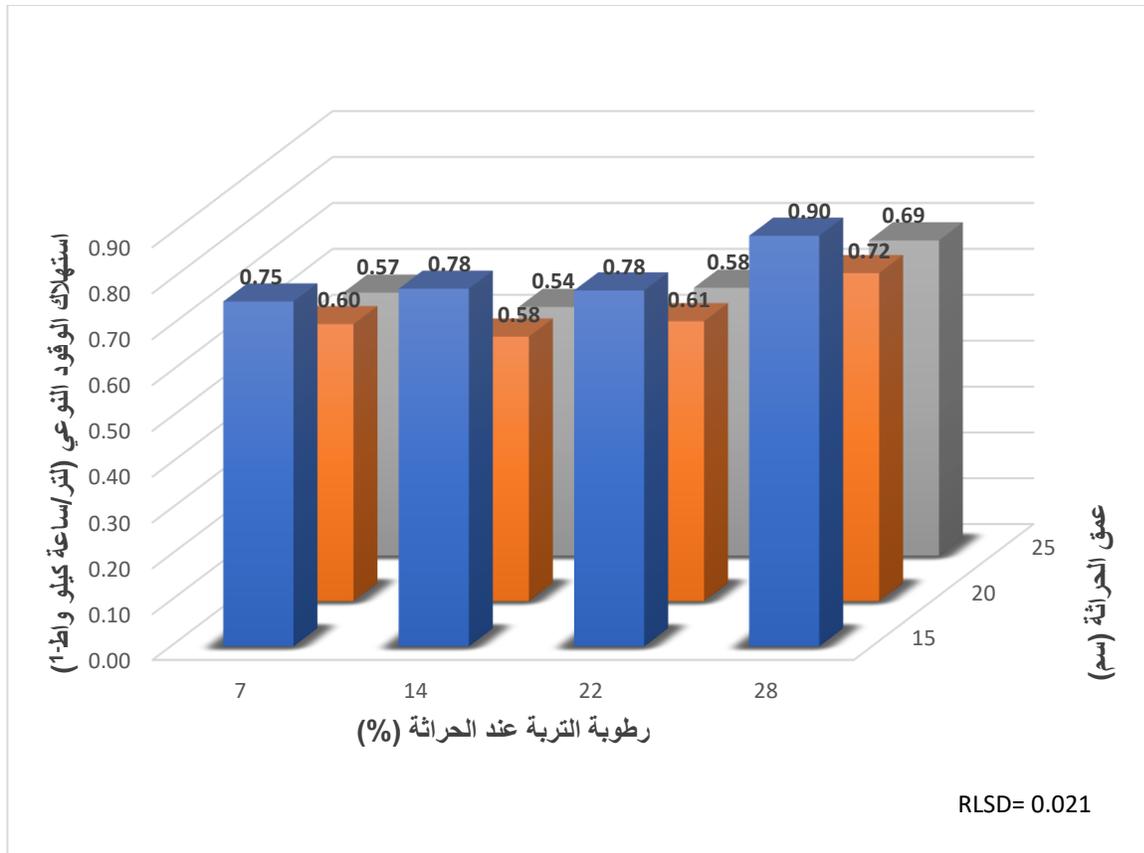
شكل (101) تأثير السرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب، اذ يبين الشكل 102 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ سجلت رطوبة التربة 14% مع الحراثة بالمحراث المطرحي اقل استهلاك للوقود على أساس القدرة اذ بلغ 0.61 لتر/ساعة كيلو واط-1، بسبب زيادة قدرة السحب عند الحراثة بالمحراث المطرحي وانخفاض قوة التربة عند رطوبة التربة 14%. بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% اعلى استهلاك للوقود بلغ 0.79 لتر/ساعة كيلو واط-1 وبدون فارق معنوي مع الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة 28%. بسبب زيادة قدرة السحب للمحراث المطرحي والحفار وزيادة قوة التربة والتصاقها عند رطوبة التربة 28%.



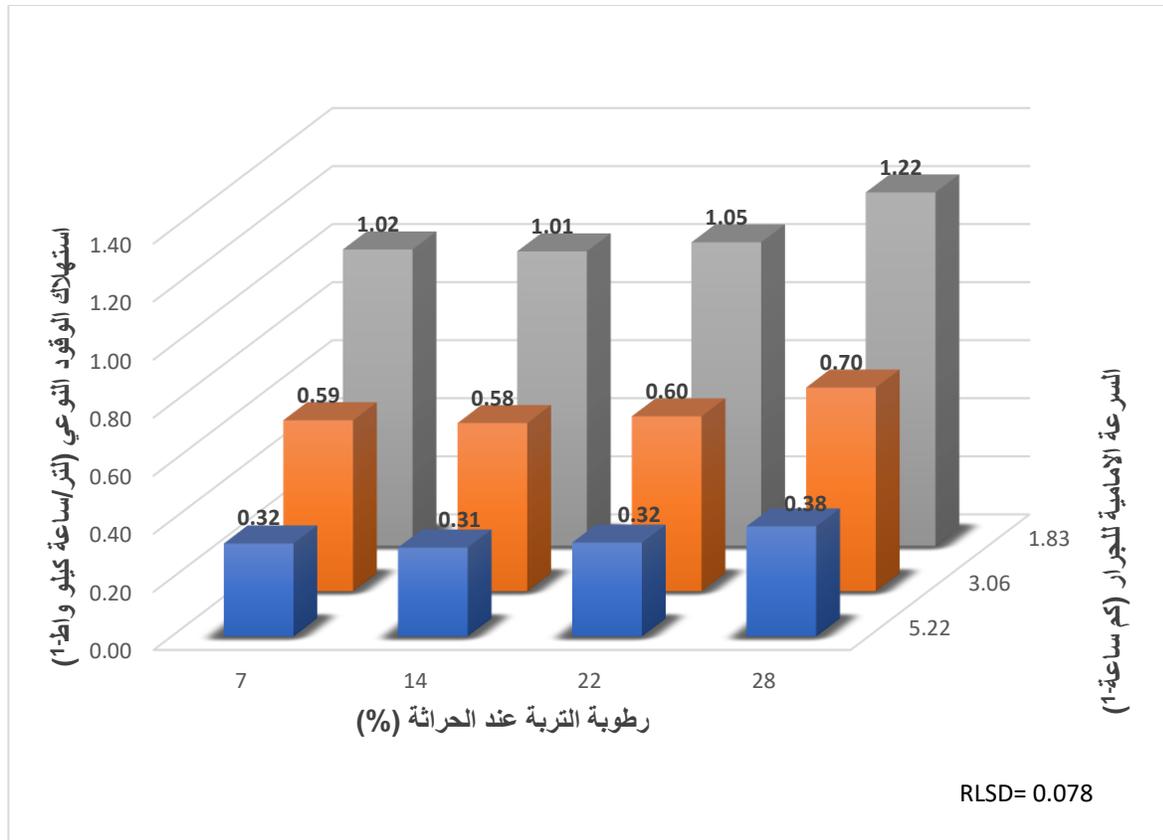
شكل (102) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي ان للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة تأثير معنوي في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (الملحق 15)، اذ يبين الشكل 103 ان اقل استهلاك وقود على اساس قدرة السحب كان عند الحراثة برطوبة تربة 14% وبعمق حراثة 25 سم بلغ 0.54 لتر/ساعة كيلو واط-1، واعلى استهلاك للوقود على أساس قدرة السحب كان عند الحراثة برطوبة تربة 28% وبعمق حراثة 15 سم بلغ 0.90 لتر/ساعة كيلو واط-1. ويعلل سبب ذلك الى تأثير كل من رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب.



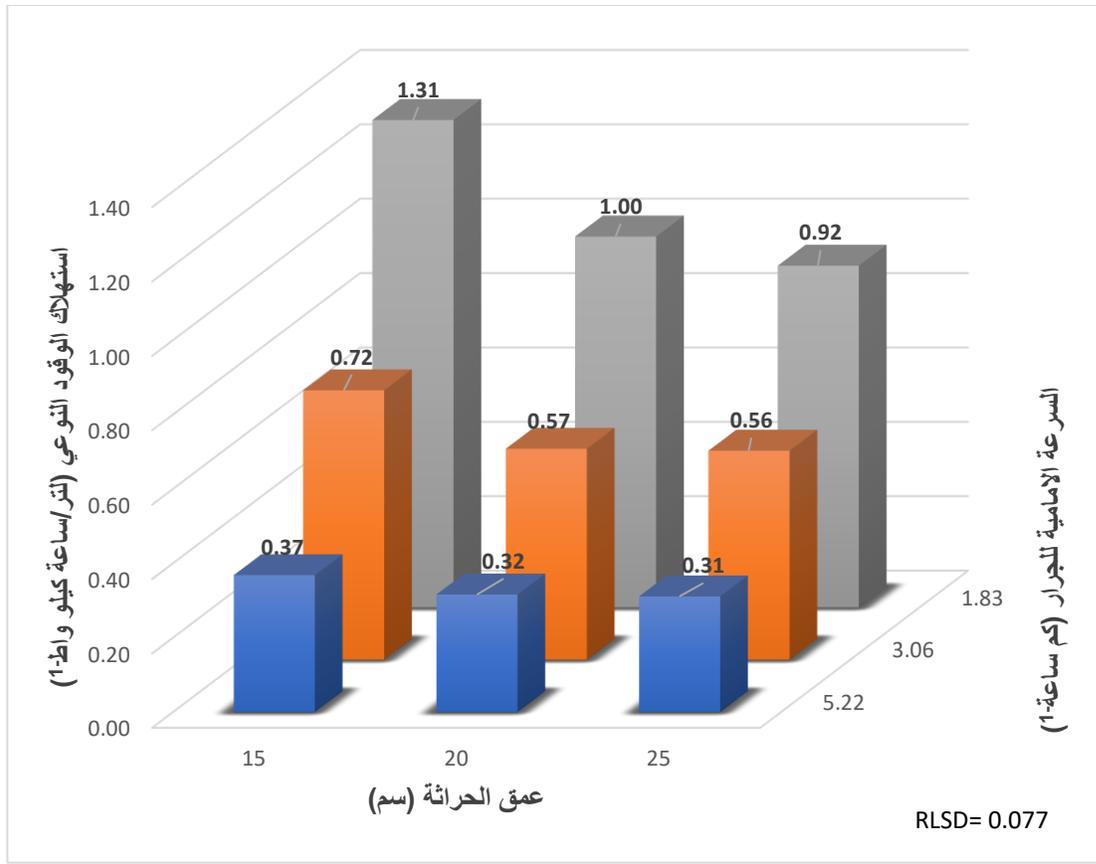
**شكل (103) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)**

كما بينت نتائج التحليل لاختبار F (ملحق 15) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ يبين الشكل 104 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس القدرة، يلاحظ ان معاملة الحراثة عند رطوبة تربة 14% وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة-1 أعطت اقل استهلاك للوقود على أساس القدرة بلغ 0.31 لتر/ساعة كيلو واط-1، بينما أعطت الحراثة برطوبة تربة 28% وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة-1 اعلى استهلاك للوقود بلغ 1.22 لتر/ساعة كيلو واط-1. ويعزى ذلك الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس القدرة.



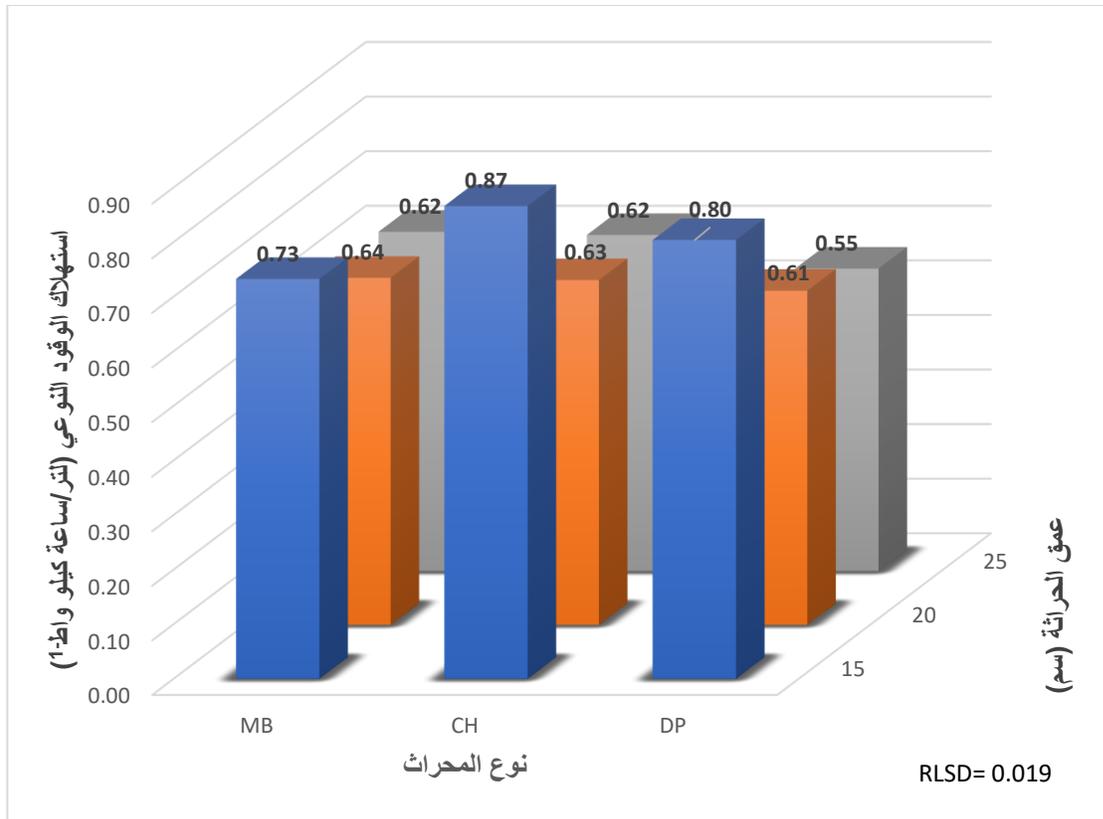
شكل (104) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط<sup>-1</sup>)

يبين الشكل 105 تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب، اذ اعطت معاملة الحراثة بعمق 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اقل استهلاك للوقود بلغ 0.31 لتر/ساعة كيلو واط<sup>-1</sup>، بينما اعطت الحراثة على عمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى استهلاك للوقود بلغ 1.31 لتر/ساعة كيلو واط<sup>-1</sup>. وهذا ناتج من تأثير كل من عمق الحراثة والسرعة الامامية في استهلاك الوقود على أساس القدرة.



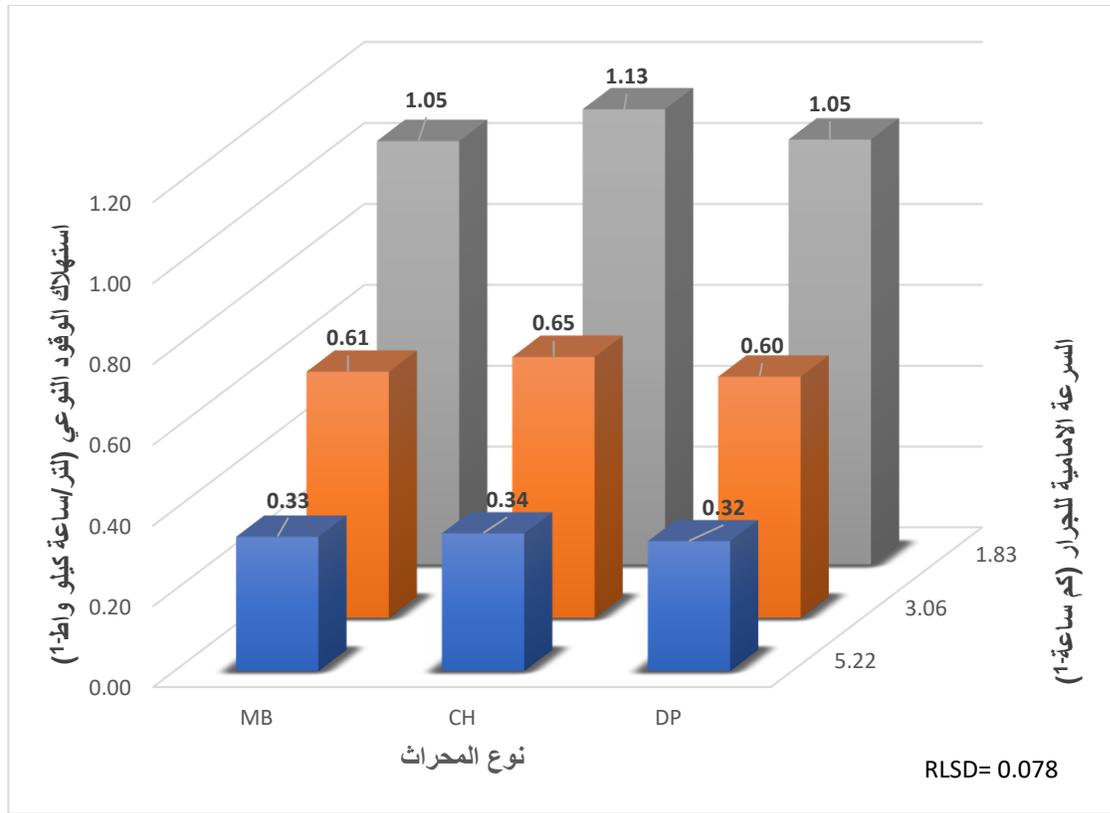
شكل (105) تأثير التداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

يلاحظ من الملحق 15 الذي يبين نتائج تحليل التباين ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب، ويبين الشكل 106 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب، اذ تفوقت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق حراثة 25 سم بأعطاء اقل استهلاك للوقود بلغ 0.55 لتر/ساعة كيلو واط-1، في حين اعطت الحراثة بالمحراث الحفار بعمق حراثة 15 سم اعلى استهلاك للوقود على اساس القدرة بلغ 0.87 لتر/ساعة كيلو واط-1. وهذا ناتج من تأثير نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على اساس قدرة السحب.



**الشكل (106) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup>)**

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل في استهلاك الوقود على اساس القدرة، اذ يلاحظ من الشكل 107 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، ان اقل استهلاك للوقود بلغ 0.32 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> عند الحراثة بالمحراث القرصي وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>، بينما اعطت الحراثة بالمحراث الحفار وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى استهلاك وقود بلغ 1.13 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup>. نتيجة التأثير المشترك لنوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب.



شكل (107) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

يلاحظ من نتائج التحليلي الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار وكذلك التداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب. اما التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار فقد كان عالي المعنوية، اذ يبين الجدول 27 تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ يلاحظ ان اقل استهلاك للوقود كان عند الحراثة بالمحراث القرصي بعمق 25 سم وبسرعة امامية 5.22 كم ساعة-1 بلغ 0.29 لتر/ساعة كيلو واط-1، بينما أدت الحراثة بالمحراث الحفار بعمق 15 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة-1 بأعطاء اعلى استهلاك للوقود بلغ 1.43 لتر/ساعة كيلو واط-1.

الجدول (27) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة-1) |      |      | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|-------------------------|------|------|------------------|
|             | 5.22                    | 3.06 | 1.83 |                  |
| MB          | 0.34                    | 0.65 | 1.20 | 15               |
|             | 0.33                    | 0.58 | 1.00 | 20               |
|             | 0.32                    | 0.60 | 0.94 | 25               |
| CH          | 0.38                    | 0.79 | 1.43 | 15               |
|             | 0.32                    | 0.57 | 1.00 | 20               |
|             | 0.32                    | 0.58 | 0.95 | 25               |
| DP          | 0.38                    | 0.73 | 1.30 | 15               |
|             | 0.29                    | 0.55 | 0.99 | 20               |
|             | 0.29                    | 0.51 | 0.86 | 25               |
|             | 0.077                   |      |      | RLSD             |

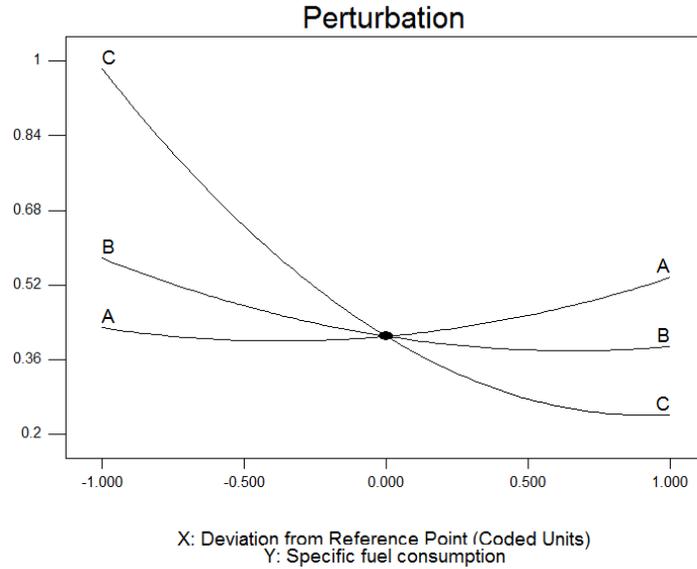
كما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل الرباعي لكل من رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب.

يبين الشكل 108 تأثير عوامل الدراسة في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب هو السرعة الامامية للجرار بنسبة 69% ثم العمق بنسبة 25% ثم رطوبة التربة بنسبة 24%، وهذا يدل على ان السرعة الامامية عامل مهم في قياس استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب اذ يتأثر استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب بتغير السرعة الامامية، ويأتي بعده عامل العمق ثم الرطوبة اذ اخذت المحاريث الثلاث نفس المسار.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Specific fuel consumption

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

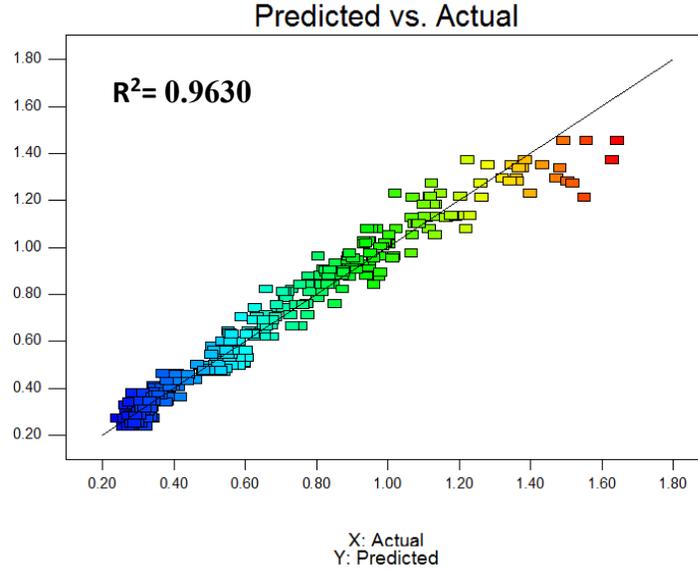


### شكل (108) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب (لتر/ساعة كيلو واط-1)

يبين الشكل 109 العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب المتنبئ به والمحسوب حقيلاً، اذ بين تحليل الانحدار لاستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات مناسب حول خط الانحدار وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم استهلاك الوقود المحسوبه والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9630$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول (28) المعادلات الرياضية لكل محراث للنتبؤ باستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ باستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Specific fuel consumption

Color points by value of  
Specific fuel consumption:



شكل (109) العلاقة بين استهلاك الوقود على أساس قدرة السحب المتنبئ به والمحسوب حقلياً

جدول (28) المعادلات التنبؤية باستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Specific fuel consumption} = +3.98442 - 8.93371\text{E-}003 * \text{Moisture Content} - 0.15733 * \text{Tillage Depth} - 0.86638 * \text{Tractor Speed} - 5.43387\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 1.64267\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 9.30627\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 6.51659\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 + 2.89560\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.070640 * \text{Tractor Speed}^2$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Specific fuel consumption} = +4.41415 - 0.011338 * \text{Moisture Content} - 0.17128 * \text{Tillage Depth} - 0.88620 * \text{Tractor Speed} - 5.43387\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 1.64267\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 9.30627\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 6.51659\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 + 2.89560\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.070640 * \text{Tractor Speed}^2$            |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Specific fuel consumption} = +4.32403 - 0.012091 * \text{Moisture Content} - 0.17119 * \text{Tillage Depth} - 0.87020 * \text{Tractor Speed} - 5.43387\text{E-}005 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} - 1.64267\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} + 9.30627\text{E-}003 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 6.51659\text{E-}004 * \text{Moisture Content}^2 + 2.89560\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.070640 * \text{Tractor Speed}^2$            |

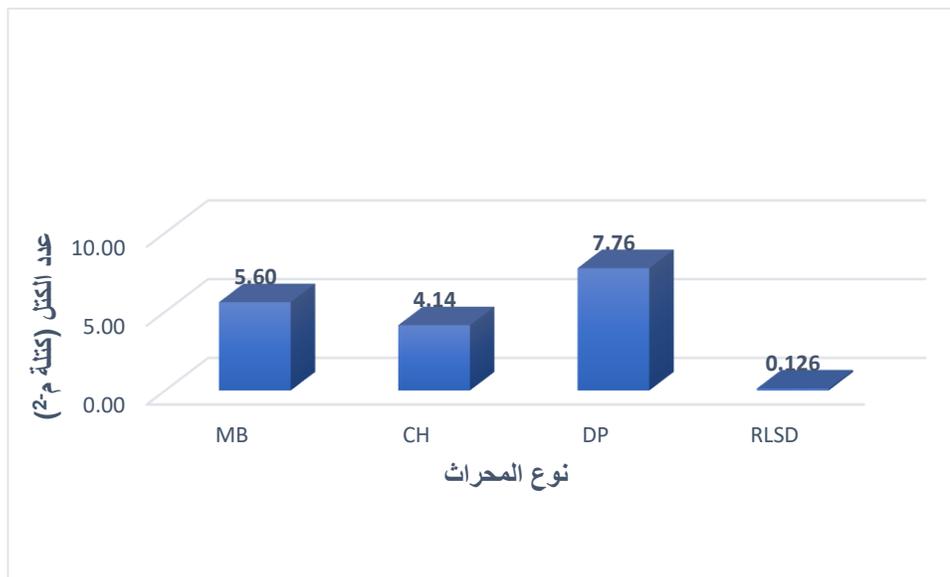
## 1.4.10. مظهر الحراثة Tillage appearance

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لرتوبة التربة تأثير عالي المعنوية في مظهر الحراثة اذ تؤثر في حجم الكتل الأكبر من 10 سم الناتجة من عملية الحراثة، اذ يبين الشكل 110 تأثير رطوبة التربة في مظهر الحراثة، اذ يلاحظ من الشكل ان رطوبة التربة 14% اعطت اقل عدد للكتل الأكبر من 10 سم وبفارق معنوي اذ بلغ 4.52 كتلة م<sup>2</sup> بينما أدى انخفاض الرطوبة الى 7% الى زيادة عدد الكتل معنوياً اذ بلغ 5.98 كتلة م<sup>2</sup> في حين أدت زيادة رطوبة التربة الى 22% خفض عدد الكتل الى 5.73 كتلة م<sup>2</sup> واعطت رطوبة التربة 28% اعلى عدد كتل اكبر من 10 سم اذ بلغ 7.10 كتلة م<sup>2</sup>. ويعلل سبب تفوق الرطوبة 14% الى انخفاض قوة التربة وزيادة تفككها نتيجة انخفاض تماسك التربة الجزيئي وتساويه مع تماسك الأفلام المائية مما يجعل قوة التربة اقل ما يمكن وجعلها هشّة سهلة التفكك عند الحراثة، لكن عند انخفاض رطوبة التربة عند 7% تدخل التربة الى الحالة الصلبة فيزداد تماسك التربة الجزيئي وتزداد قوتها ومقاومتها للتفكك مما يزيد من عدد الكتل الأكبر من 10 سم، اما عند الرطوبة 22% فتكون قوة التربة معتمدة على التماسك المتأني من الأفلام المائية مما يجعل قوة التربة اقل من الحالة الجافة فيقل عدد الكتل في حين عند زيادة رطوبة التربة الى 28% يزداد تماسك الأفلام المائية ويزداد الالتصاق ما بين التربة والمحراث مسبباً زيادة في حجم الكتل الترايبية عند الحراثة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه ناصر واخرون (2016a) اذ لاحظوا زيادة كفاءة التفطيت عند المستوى الرطوبي 16.62% بنسبة 22.68 و52.61% قياساً بالمستوى 8.92 و29.24% على التوالي.



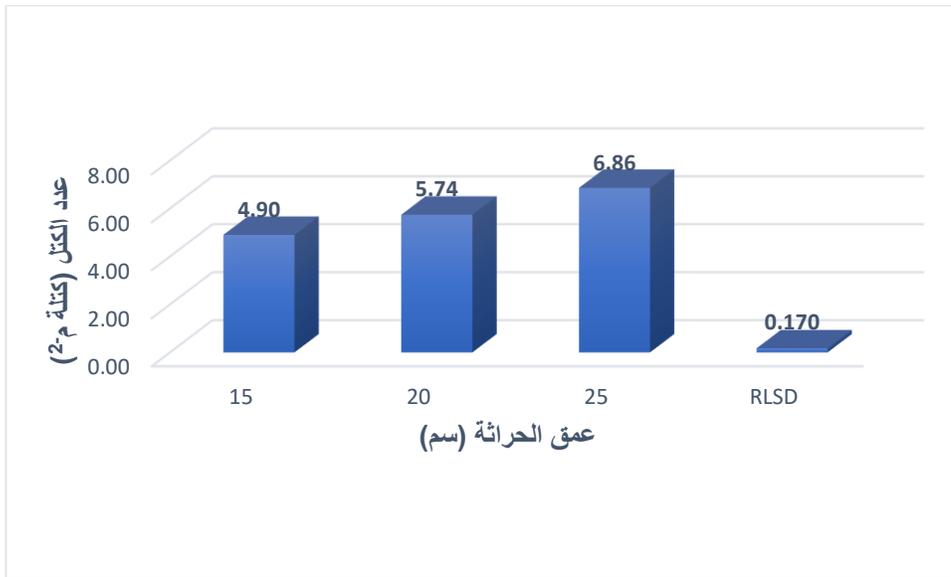
الشكل (110) تأثير رطوبة التربة في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>2</sup>)

يبين الشكل 111 تأثير نوع المحراث في مظهر الحراثة، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 15) ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في عدد الكتل الأكبر من 10 سم اذ تفوق المحراث الحفار معنوياً بتسجيل اقل عدد للكتل الأكبر من 10 سم اذ بلغت 4.14 كتلة م<sup>-2</sup>، بينما أعطت الحراثة بالمحراث القرصي اعلى عدد للكتل أكبر من 10 سم بلغ 7.76 كتلة م<sup>-2</sup> في حين اعطى المحراث المطرحي عدد كتل بلغ 5.60 كتلة م<sup>-2</sup>. ويعزى سبب تفوق المحراث الحفار الى تأثير طبيعة عمل المحراث اذ يعمل على شق التربة واثارتها بدون قلب لمقطع التربة اذ يعمل على تفكيك موضعي للتربة فضلاً عن تداخل أسلحة المحراث الحفار مما يزيد من تفكيك الكتل وبالتالي يقل عدد الكتل الأكبر من 10 سم، اما المحراث المطرحي فيعمل على شق التربة ورفعها وقلبها من خلال سلاح المحراث الحاوي على المطرحة الملتوية اذ تعمل على زيادة تفكيك وتفتيت التربة من خلال اصطدامها بسطح المطرحة مما يقلل من حجم الكتل الناتجة من عملية الحراثة بينما يعمل المحراث القرصي على شق التربة ورفعها من خلال دوران الأقراص ويعتمد تفكيك التربة على مدى تقعر الأقراص وبالتالي يكون التقعر اقل من انحناء المطرحة مما يجعل تفكيك المحراث القرصي اقل من المحراث المطرحي وبالتالي يترك عدد كتل اكبر مقارنة بالمحراث المطرحي. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه الشجيري وجاسم (2010) والطالباني (2006) اذ وجدوا ان المحراث الحفار اعطى اعلى نسبة تفتيت وقل عدد للكتل بينما سجل المحراث القرصي اقل نسبة تفتيت.



الشكل (111) تأثير نوع المحراث في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>-2</sup>)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 ان لعمق الحراثة تأثير عالي المعنوية في عدد الكتل الأكبر من 10 سم. يلاحظ من الشكل 112 الذي يبين تأثير عمق الحراثة في مظهر الحراثة ان عدد الكتل الأكبر من 10 سم يزداد معنوياً بزيادة عمق الحراثة اذ بلغ عدد الكتل للأعماق 15 و 20 و 25 سم 4.90 و 5.74 و 6.86 كتلة م<sup>2</sup> وبنسبة زيادة 28% بزيادة العمق من 15 الى 25 سم. ويعلل سبب ذلك الى ان بزيادة عمق الحراثة تزداد قوة التربة وتماسكها مما يقلل من قابلية التفكك للتربة فيزداد عدد الكتل الأكبر من 10 سم. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه Hamid and Alsabbagh (2023) اذ لاحظ ان زيادة عمق الحراثة بالمحراث المطرحي أدت الى زيادة عدد الكتل الأكبر من 10 سم.



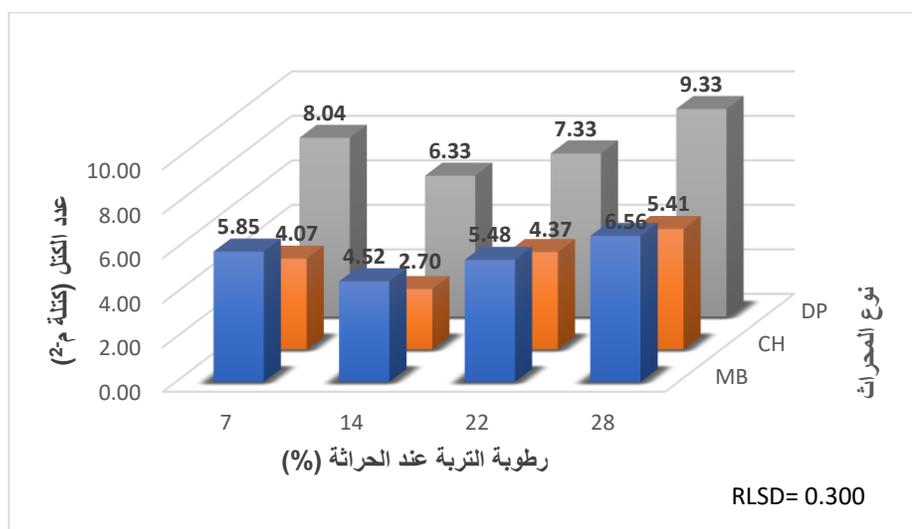
الشكل (112) تأثير عمق الحراثة في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>2</sup>)

كما يلاحظ ان هناك تأثير عالي المعنوية للسرعة الامامية للجرار في عدد الكتل الأكبر من 10 سم، كما موضح في نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15، اذ يلاحظ من الشكل 113 الذي يبين تأثير السرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة ان عدد الكتل الترابية الناتجة من الحراثة يقل بزيادة السرعة الامامية للجرار بنسبة 37% بزيادة السرعة من 1.83 الى 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، اذ بلغ عدد الكتل 6.80 و 5.75 و 4.95 كتلة م<sup>2</sup> للسرع 1.83 و 3.06 و 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان بزيادة السرعة تزداد حركة الكتل الترابية امام المحراث ويزداد اصطدامها ببعضها مما يزيد من تفتت الكتل بزيادة السرعة الامامية للجرار. وهذا ما توصل اليه Muhsin (2017b) اذ لاحظ ان نسبة التفتت تزداد بزيادة السرعة الامامية للجرار.



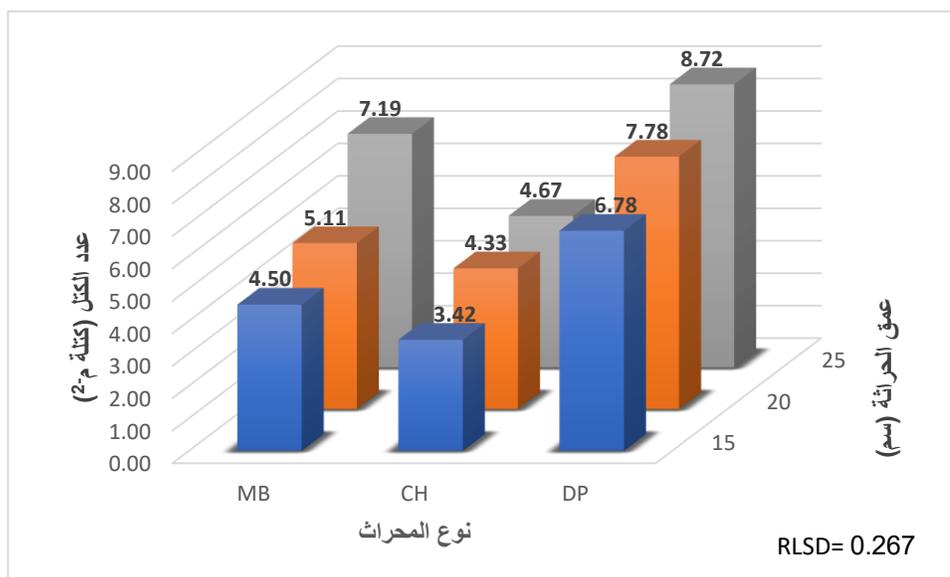
شكل (113) تأثير السرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>-2</sup>)

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث تأثير عالي المعنوية في عدد الكتل الأكبر من 10 سم (ملحق 15)، اذ يبين الشكل 114 تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في مظهر الحراثة، اذ يلاحظ ان اقل عدد للكتل كان عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 14% بلغ 2.70 كتلة م<sup>-2</sup>، و اعلى عدد للكتل الترايبية الأكبر من 10 سم كان عند الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 28% بلغ 9.33 كتلة م<sup>-2</sup>. وهذا ناتج من تأثير نوع المحراث ورطوبة التربة في مظهر الحراثة.



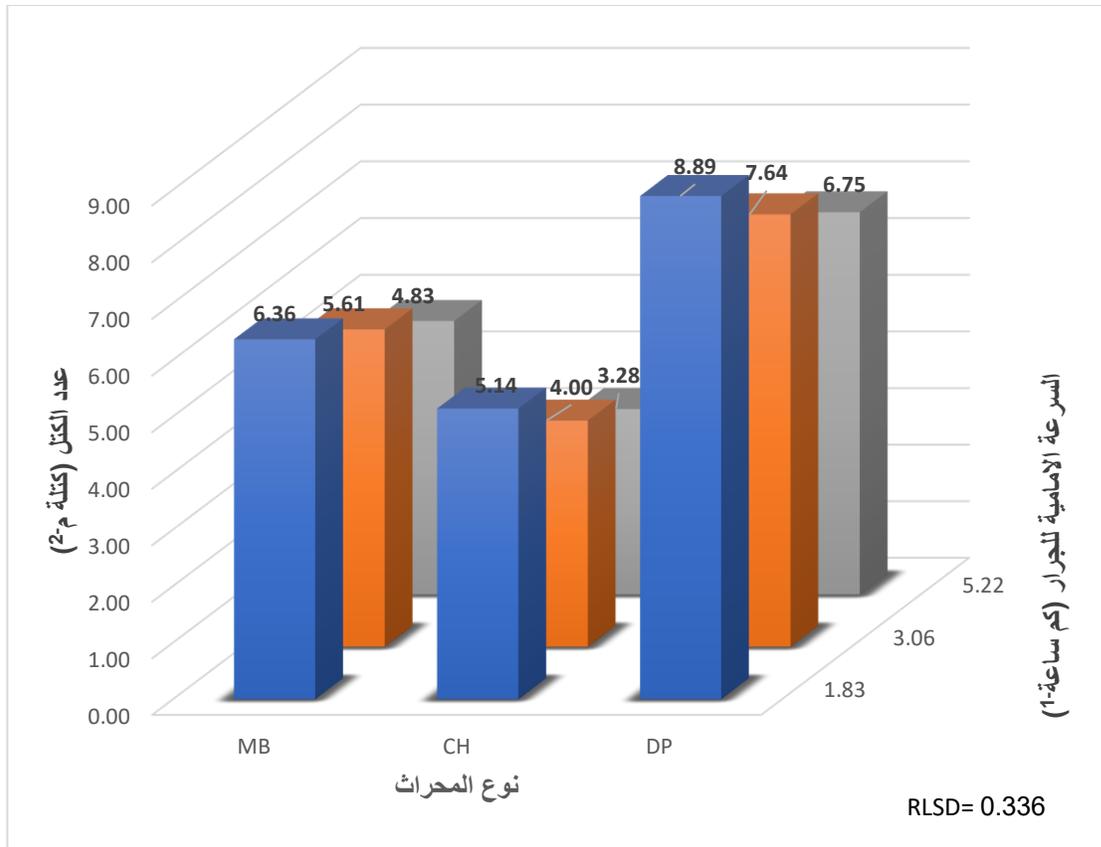
الشكل (114) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>-2</sup>)

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 15 عدم وجود تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة في مظهر الحراثة وكذلك التداخل ما بين رطوبة التربة والسرعة الامامية للجرار والتداخل ما بين عمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة. بينما بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 15 ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في عدد الكتل الأكبر من 10 سم، اذ يلاحظ من الشكل 115 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في مظهر الحراثة ان اقل عدد للكتل الترايبية الناتجة من عملية الحراثة بلغ 3.42 كتلة م<sup>-2</sup> عند الحراثة بالمحراث الحفار بعمق حراثة 15 سم بينما اعطت الحراثة بالمحراث القرصي بعمق حراثة 25 سم اعلى عدد للكتل بلغ 8.72 كتلة م<sup>-2</sup>. ويعلل ذلك الى تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في مظهر الحراثة.



شكل (115) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>-2</sup>)

يلاحظ من الشكل 116 الذي يبين تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة ان هناك تأثير معنوي للتداخل في عدد الكتل الأكبر من 10 سم (ملحق 15) اذ يلاحظ ان حراثة التربة بالمحراث الحفار بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اعطت اقل عدد للكتل الترايبية بلغ 3.28 كتلة م<sup>-2</sup> بينما اعطت الحراثة بالمحراث القرصي بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> اعلى عدد للكتل بلغ 8.89 كتلة م<sup>-2</sup>. ويعزى ذلك الى تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة.



شكل (116) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة (كتلة م<sup>-2</sup>)

بينت نتائج تحليل التباين لاختبار F في الملحق 15 عدم وجود تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة في مظهر الحراثة. كذلك للتداخل الثلاثي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار والتداخل ما بين رطوبة التربة وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة. بينما وجد ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة. اذ يلاحظ من الجدول 29 ان اقل عدد كتل أكبر من 10 سم كان عند الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق 15 سم وبسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بلغ 2.75 كتلة م<sup>-2</sup>. بينما أدت الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق حراثة 25 سم وبسرعة امامية 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> الى اعطاء اعلى حجم كتل أكبر من 10 سم بلغ 10.08 كتلة م<sup>-2</sup>. ويعزى سبب ذلك الى دور المحراث في تفكيك التربة وتأثير عمق الحراثة والسرعة الامامية في حجم الكتل الترايبية الناتجة من عملية الحراثة.

جدول (29) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة (كتلة م-2)

| نوع المحراث | سرعة الجرار (كم ساعة-1) |      |       | عمق الحراثة (سم) |
|-------------|-------------------------|------|-------|------------------|
|             | 5.22                    | 3.06 | 1.83  |                  |
| MB          | 3.67                    | 4.50 | 5.33  | 15               |
|             | 4.33                    | 5.00 | 6.00  | 20               |
|             | 6.50                    | 7.33 | 7.75  | 25               |
| CH          | 2.75                    | 3.25 | 4.25  | 15               |
|             | 3.42                    | 4.25 | 5.33  | 20               |
|             | 3.67                    | 4.50 | 5.83  | 25               |
| DP          | 6.00                    | 6.67 | 7.67  | 15               |
|             | 6.83                    | 7.58 | 8.92  | 20               |
|             | 7.42                    | 8.67 | 10.08 | 25               |
|             | 0.470                   |      |       | RLSD             |

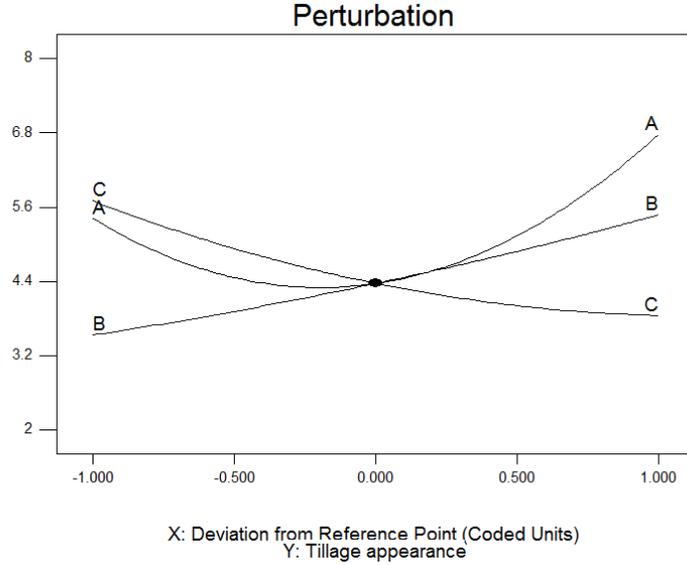
كما بينت نتائج التحليل (ملحق 15) عدم وجود تأثير للتداخل الرباعي ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار في مظهر الحراثة.

يلاحظ من الشكل 117 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في مظهر الحراثة ان لعوامل الدراسة تأثير في حجم الكتل الناتج من عملية الحراثة وبتأثير متفاوت فيما بينهما، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في مظهر الحراثة هو رطوبة التربة اذ يؤثر بنسبة 81% ثم العمق بنسبة 40% ثم السرعة الامامية للجرار بنسبة 27%، وهذا يدل على ان رطوبة التربة عامل مهم في قياس مظهر الحراثة اذ يتأثر حجم الكتل الناتجة من عملية الحراثة بتغير رطوبة التربة خلال عملية الحراثة، ويأتي بعده عامل العمق ثم السرعة الامامية للمحاريث الثالث.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Tillage appearance

Actual Factors  
A: Moisture Content = 17.50  
B: Tillage Depth = 20.00  
C: Tractor Speed = 3.52  
\*D: Plow Type = Average

Categoric Factors  
D

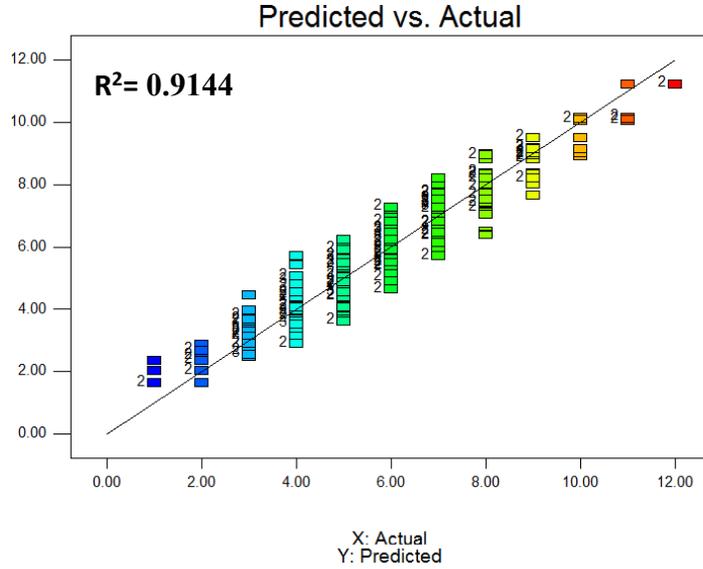


### شكل (117) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة والسرعة الامامية وعمق الحراثة) في استهلاك الوقود على أساس مظهر الحراثة (كتلة م-2)

يلاحظ ان تحليل الانحدار باستخدام برنامج Design Expert قد مكن من إيجاد قيم تنبؤية والحصول على علاقة ما بين القيم المتنبئ بها والقيم المحسوبة حقلياً وبدقة عالية، اذ يلاحظ من الشكل 118 الذي يبين العلاقة بين مظهر الحراثة المتنبئ به والمحسوب حقلياً، اذ بين تحليل الانحدار لمظهر الحراثة تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار ان انتشار البيانات حول خط الانحدار مناسب وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين قيم مظهر الحراثة المحسوبة والمتنبئ بها اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9144$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 30 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بمظهر الحراثة باختلاف الظروف التشغيلية للمحراث من رطوبة وعمق حراثة وسرعة امامية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بمظهر الحراثة للمحراث من خلال ادخال المتغيرات من عمق حراثة وسرعة امامية ورطوبة التربة.

Design-Expert® Software  
Tillage appearance

Color points by value of  
Tillage appearance:  
12  
1



شكل (118) العلاقة بين مظهر الحراثة المتنبئ به والمحسوب حقلياً

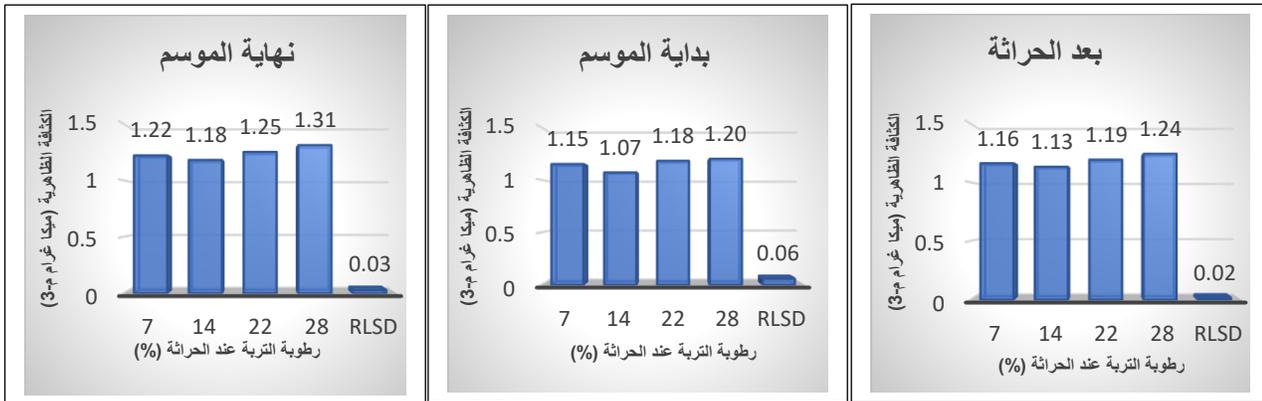
جدول (30) المعادلات التنبؤية بمظهر الحراثة لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Tillage appearance} = +7.73168 - 0.51470 * \text{Moisture Content} + 0.10444 * \text{Tillage Depth} - 1.34502 * \text{Tractor Speed} - 8.49910\text{E-}004 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 7.46115\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.012502 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.015702 * \text{Moisture Content}^2 + 5.55556\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.14218 * \text{Tractor Speed}^2$   |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Tillage appearance} = +8.77950 - 0.47741 * \text{Moisture Content} - 0.040005 * \text{Tillage Depth} - 1.42925 * \text{Tractor Speed} - 8.49910\text{E-}004 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 7.46115\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.012502 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.015702 * \text{Moisture Content}^2 + 5.55556\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.14218 * \text{Tractor Speed}^2$  |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Tillage appearance} = +11.52263 - 0.49078 * \text{Moisture Content} + 0.029440 * \text{Tillage Depth} - 1.51065 * \text{Tractor Speed} - 8.49910\text{E-}004 * \text{Moisture Content} * \text{Tillage Depth} + 7.46115\text{E-}003 * \text{Moisture Content} * \text{Tractor Speed} - 0.012502 * \text{Tillage Depth} * \text{Tractor Speed} + 0.015702 * \text{Moisture Content}^2 + 5.55556\text{E-}003 * \text{Tillage Depth}^2 + 0.14218 * \text{Tractor Speed}^2$ |

## 4. 2. خصائص التربة Soil properties

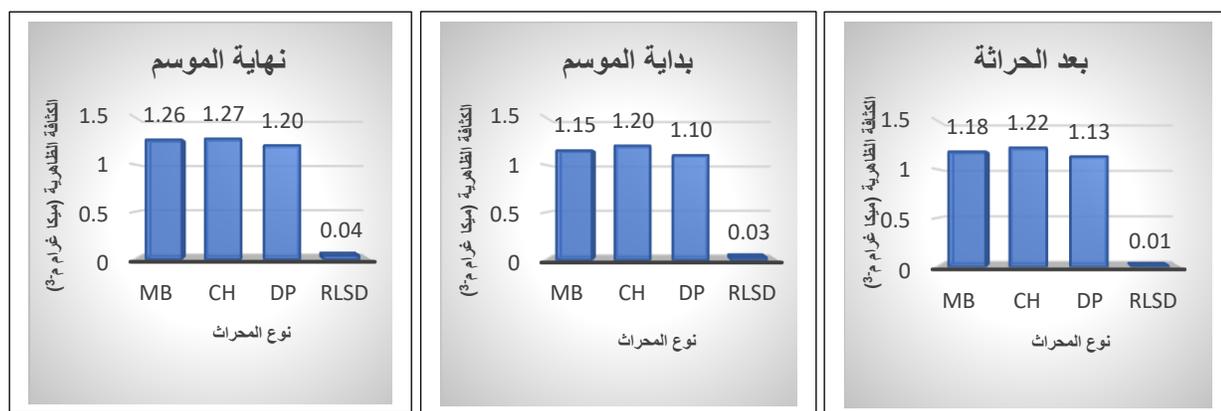
### 4. 2. 1. الكثافة الظاهرية bulk density

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة، اذ يلاحظ من الشكل 119 الذي يبين تأثير رطوبة التربة في الكثافة الظاهرية ان كثافة التربة الظاهرية تزداد بزيادة رطوبة التربة اذ تفوقت رطوبة التربة 14% بأعطاء اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.13 و 1.07 و 1.18 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي ثم تلتها معاملة الرطوبة 7% بكثافة 1.16 و 1.15 و 1.22 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي ثم معاملة الرطوبة 22% بكثافة 1.19 و 1.18 و 1.25 ميكا غرام م<sup>-3</sup> واعلى كثافة ظاهرية سجلت عند رطوبة الحراثة 28% اذ بلغت الكثافة 1.24 و 1.20 و 1.31 ميكا غرام م<sup>-3</sup> لفترات النمو على التوالي. ويعود سبب تفوق الرطوبة 14% الى تحسن خواص التربة الميكانيكية من تماسك والتصاق اذ ان انخفاض تماسك التربة عند هذه الرطوبة ساعد على سهولة تفكك التربة عند الحراثة مما قلل من كثافة التربة الظاهرية، في حين ان رطوبة التربة 7% ونتيجة قلة رطوبة التربة أصبح التماسك الجزيئي عالي في التربة مما ادى الى زيادة قوة التربة وقلل من قابليتها للتفكك وبالتالي زيادة الكثافة الظاهرية. بينما أدت زيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% الى زيادة تماسك التربة المتأني من الأفلام المائية والتصاقها مما أدى الى رص التربة الناتج من وزن الجرار والمحراث على التربة وزيادة كثافتها الظاهرية. وهذا ما توصل اليه Nassir (2018) اذ وجد ان زيادة الرطوبة عند الحراثة تسبب زيادة تماسك التربة وزيادة كثافتها الظاهرية.



شكل (119) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

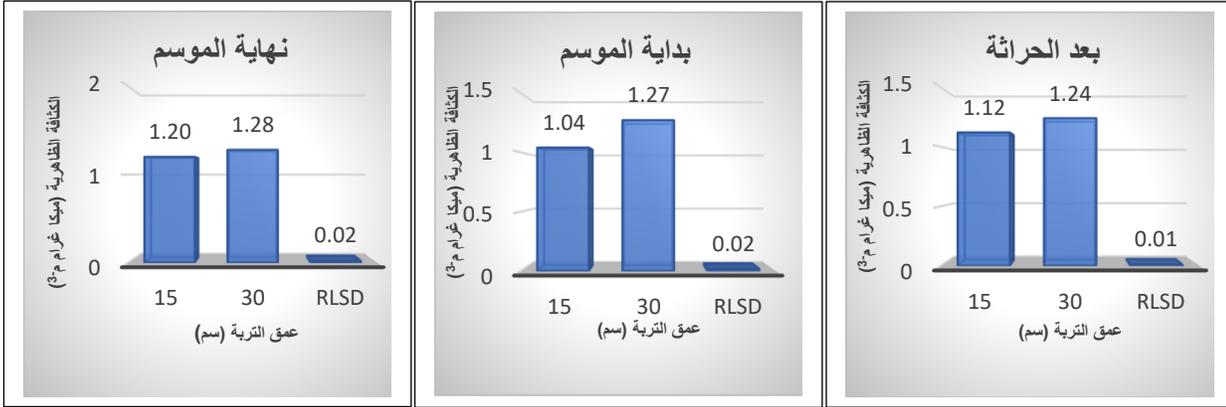
ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة كما موضح في نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18، اذ يلاحظ من الشكل 120 ان الحراثة بالمحراث القرصي أعطت اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.13 و 1.10 و 1.20 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، وهذا نتيجة تأثير طبيعة عمل المحراث اذ يتميز بإمكانية عمله في مختلف ظروف الحقل مقارنة بالمحراث الأخرى اذ يعمل على شق وتفكيك التربة بفعل دوران الأقراص مما يسبب رفع التربة وقلبها جزئياً من دون ان يسبب رص للتربة بفعل ضغط السلاح على التربة وبالتالي سهولة تفكك التربة وانخفاض كثافتها، بينما اعطى المحراث المطرحي كثافة اعلى من المحراث القرصي بلغت 1.18 و 1.15 و 1.26 ميكا غرام م<sup>-3</sup> لفترات موسم النمو على التوالي، وهذا نتيجة طبيعة عمل المحراث اذ يعمل على تفكيك التربة من خلال قلب التربة بواسطة المطرحة مما يسبب زيادة الوزن المسلط على التربة وتكوين كتل اكثر تماسكاً من المحراث القرصي. أدت الحراثة بالمحراث الحفار الى اعطاء اعلى كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.22 و 1.20 و 1.27 ميكا غرام م<sup>-3</sup> لفترات موسم النمو على التوالي، وهذا بسبب فعل المحراث اثناء عملية الحراثة اذ يعمل على شق التربة دون قلبها وبالتالي تفكيك التربة موضعياً بدون اثاره للتربة مما يجعلها أكثر كثافة من المحراث القلابة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Kostic et al. (2016 اذ لاحظوا تفوق المحراث القرصي بتسجيل اقل كثافة ظاهرية مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار.



شكل (120) تأثير نوع المحراث في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

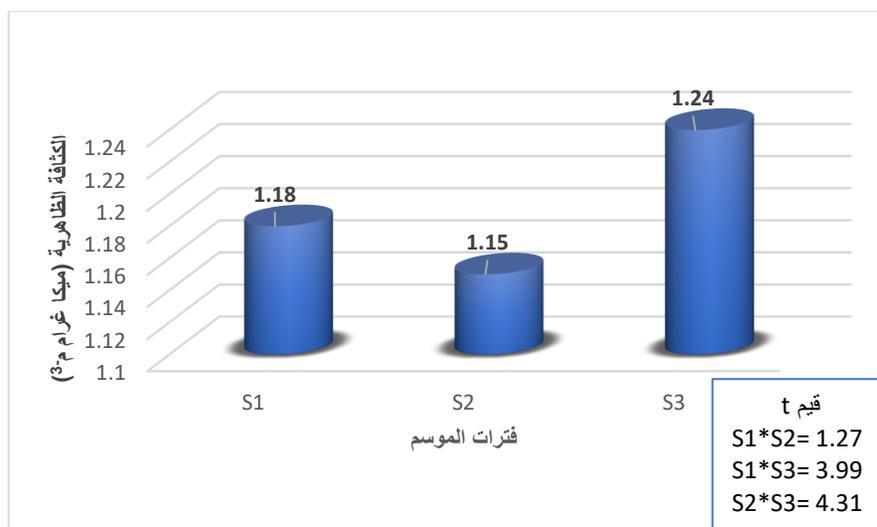
يلاحظ من الشكل 121 وجدول تحليل التباين لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) ان لعرق التربة تأثير عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة، اذ تفوق العمق 15 سم بأعطاء اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.12 و 1.04 و 1.20 ميكا غرام م<sup>-3</sup> مقارنة بالعمق 30 سم الذي سجل كثافة تربة بلغت 1.24 و 1.27 و 1.28 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، وبنسبة زيادة 9% و 17% و 6%

بزيادة العمق من 15 الى 30 سم بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي. وهذا يعود الى تأثير عمليات الحراثة والتنعيم ونمو المحصول وانتشار الجذور عند العمق 15 سم مما يساعد على زيادة تفكك التربة وانخفاض كثافتها الظاهرية مقارنة بالعمق 30 سم الذي يكون بعيد نسبياً عن منطقة الجذور ولم تصل معدات التنعيم اليه فضلاً عن عمليات الري التي أدت الى نزول دقائق التربة الناعمة الى الأسفل مما أدى الى زيادة كثافة التربة عند هذا العمق. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Salim et al. (2022) اذ وجد ان كثافة التربة الظاهرية ازدادت بزيادة العمق من 15 الى 50 سم اذ بلغت 1.33- 1.38 ميكا غرام م<sup>-3</sup>.



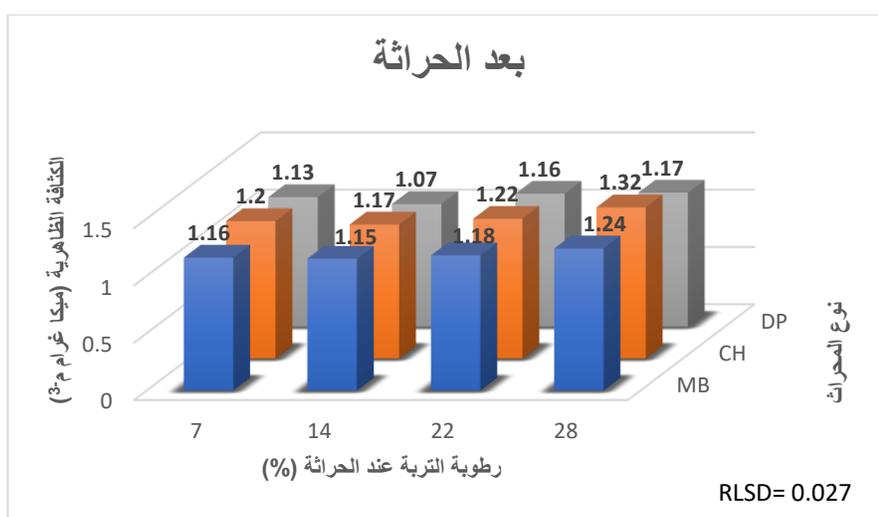
شكل (121) تأثير عمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

ان لفترات نمو المحصول تأثير في كثافة التربة الظاهرية، اذ يلاحظ من اختبار t في الملحق 19 والشكل 122 ان لفترة النمو تأثير معنوي في تغير كثافة التربة الظاهرية، اذ تفوقت كثافة التربة الظاهرية عند بداية موسم النمو بأعطاء اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.15 ميكا غرام م<sup>-3</sup> وبدون فارق معنوي مع كثافة التربة الظاهرية بعد الحراثة اذ بلغت 1.18 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، بينما ازدادت عند نهاية موسم النمو لتبلغ 1.24 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، ويعلل سبب تفوق الكثافة عند بداية الموسم الى تأثير عمليات التنعيم والتسوية التي أجريت بعد عملية الحراثة، فضلاً عن انتشار جذور المحصول مما قلل من كثافة التربة الظاهرية، في حين ازدادت عند نهاية موسم النمو نتيجة عمليات الري خلال موسم النمو مما أدى الى تحرك دقائق التربة واستقرارها في المسامات فضلاً عن ثبات واستقرار التربة في نهاية موسم النمو مما أدى الى زيادة الكثافة الظاهرية، في حين كثافة التربة بعد الحراثة كانت التربة مفككة وغير منعمة بمعدات التنعيم مما جعلها اكبر من بداية الموسم. وتتفق هذه النتيجة مع (Shabanpour et al. (2022) اذ لاحظ زيادة كثافة التربة الظاهرية بعد الحصاد مقارنة ببداية موسم النمو.



شكل (122) تأثير فترات النمو في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

أظهرت نتائج التحليل في الملحق 16 و 17 و 18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث في الكثافة الظاهرية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو، بينما بينت النتائج في الملحق 16 و 17 و 18 والشكل 123 ان للتداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث تأثير معنوي في الكثافة الظاهرية للتربة بعد الحراثة، اذ اعطت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.07 ميكا غرام م<sup>-3</sup> في حين اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 28% اعلى كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.32 ميكا غرام م<sup>-3</sup>. ويعلل سبب ذلك الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث ورطوبة التربة عند الحراثة في الكثافة الظاهرية للتربة.



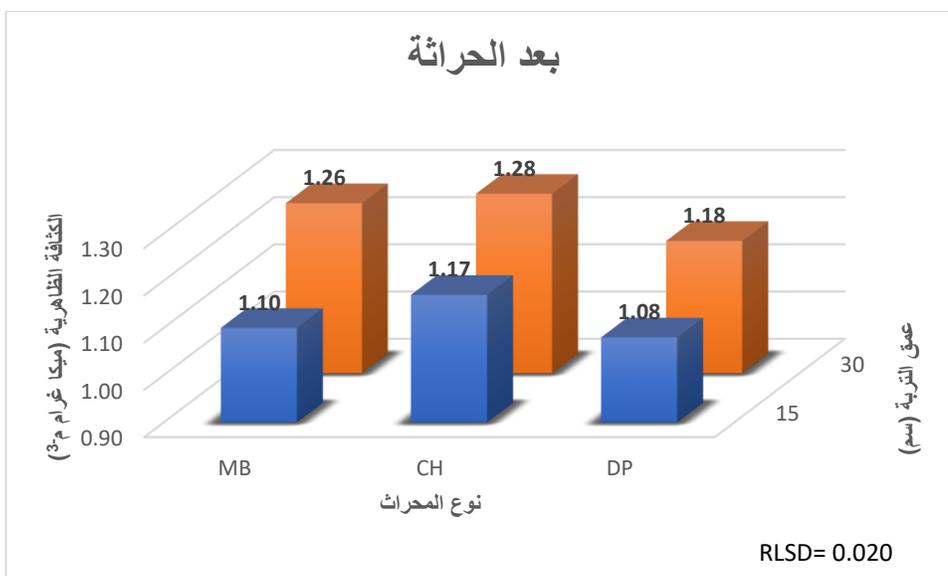
شكل (123) تأثير التداخل ما بين فترات النمو وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

ان للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة تأثير عالي المعنوية في الكثافة الظاهرية للتربة (الملحق 16 و 17 و 18)، اذ يلاحظ من الجدول 31 ان رطوبة التربة 14% عند عمق 15 سم اعطت اقل كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.03 و 1.00 و 1.16 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، بينما اعطت رطوبة التربة 28% عند عمق 30 سم اعلى كثافة ظاهرية للتربة بلغت 1.33 و 1.36 و 1.37 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي. ويعزى ذلك الى تأثير رطوبة التربة في زيادة كبس التربة عند زيادة رطوبة التربة عند الحراثة كما ان بزيادة عمق التربة تزداد قوة التربة وتماسكها وبالتالي زيادة كثافتها الظاهرية.

**جدول (31) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)**

| نهاية الموسم    |      | بداية الموسم    |      | بعد الحراثة     |      | رطوبة التربة (%) |
|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|------------------|
| عمق التربة (سم) |      | عمق التربة (سم) |      | عمق التربة (سم) |      |                  |
| 30              | 15   | 30              | 15   | 30              | 15   |                  |
| 1.25            | 1.18 | 1.26            | 1.05 | 1.20            | 1.13 | 7                |
| 1.20            | 1.16 | 1.14            | 1.00 | 1.23            | 1.03 | 14               |
| 1.32            | 1.19 | 1.32            | 1.05 | 1.22            | 1.16 | 22               |
| 1.37            | 1.25 | 1.36            | 1.05 | 1.33            | 1.16 | 28               |
| 0.03            |      | 0.06            |      | 0.02            |      | RLSD             |

كما بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الكثافة الظاهرية بعد الحراثة في حين لم يكن للتداخل تأثير معنوي في بداية موسم النمو ونهايته، اذ يلاحظ من الشكل 124 ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق تربة 15 سم اعطت اقل كثافة ظاهرية بلغت 1.08 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، بينما اعطت الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق تربة 30 سم اعلى كثافة ظاهرية بلغت 1.28 ميكا غرام م<sup>-3</sup>. وهذا يعود الى تأثير نوع المحراث في تفكيك التربة وخفض كثافتها الظاهرية وكذلك تأثير عمق التربة اذ تزداد الكثافة الظاهرية بزيادة عمق التربة نتيجة زيادة قوة التربة وتماسكها.



**شكل (124) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)**

كما يبين الملحق 16 و 17 و 18 ان للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة تأثير معنوي في الكثافة الظاهرية للتربة بعد الحراثة وبداية موسم النمو، في حين لم يكن للتداخل تأثير معنوي في نهاية موسم النمو، اذ يلاحظ من الجدول 32 ان الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% وعند عمق تربة 15 سم أعطت اقل كثافة ظاهرية للتربة بعد الحراثة بلغت 1.00 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، واقل كثافة ظاهرية عند الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة التربة 22% عند عمق 15 سم بدون فارق معنوي مع معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% وعند عمق تربة 15 سم في بداية موسم النمو بلغت 0.94 و 0.97 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي، اما الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 28% عند عمق تربة 30 سم أعطت اعلى كثافة ظاهرية بعد الحراثة بلغت 1.38 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، واعلى كثافة ظاهرية في بداية موسم النمو سجلت عند الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% عند عمق تربة 30 سم وبدون فارق معنوي مع معاملة الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 28% عند عمق 30 سم اذ بلغت 1.40 و 1.39 ميكا غرام م<sup>-3</sup> على التوالي. ويعزى هذا الى التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث ورطوبة التربة وعمق التربة في الكثافة الظاهرية للتربة.

جدول (32) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م<sup>-3</sup>)

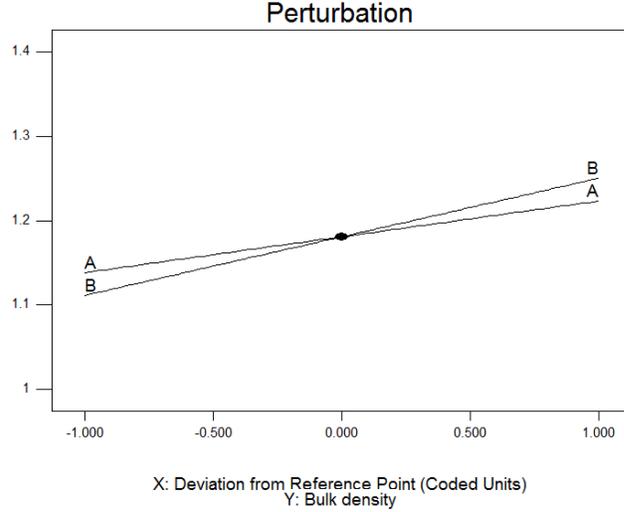
| بعد الحراثة                  |      |      |      |      |      |                  |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |      |      |      |      |      |                  |
| DP                           |      | CH   |      | MB   |      | رطوبة التربة (%) |
| 30                           | 15   | 30   | 15   | 30   | 15   |                  |
| 1.18                         | 1.09 | 1.21 | 1.19 | 1.21 | 1.10 | 7                |
| 1.15                         | 1.00 | 1.27 | 1.07 | 1.27 | 1.03 | 14               |
| 1.15                         | 1.17 | 1.27 | 1.16 | 1.23 | 1.14 | 22               |
| 1.25                         | 1.09 | 1.38 | 1.26 | 1.35 | 1.13 | 28               |
| 0.04                         |      |      |      |      |      | RLSD             |
| بداية الموسم                 |      |      |      |      |      |                  |
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |      |      |      |      |      |                  |
| DP                           |      | CH   |      | MB   |      | رطوبة التربة (%) |
| 30                           | 15   | 30   | 15   | 30   | 15   |                  |
| 1.20                         | 1.01 | 1.33 | 1.08 | 1.25 | 1.06 | 7                |
| 1.09                         | 0.97 | 1.17 | 1.03 | 1.16 | 1.00 | 14               |
| 1.33                         | 0.94 | 1.31 | 1.17 | 1.30 | 1.05 | 22               |
| 1.28                         | 1.01 | 1.39 | 1.13 | 1.40 | 1.01 | 28               |
| 0.09                         |      |      |      |      |      | RLSD             |

يلاحظ من الشكل 125 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في الكثافة الظاهرية، ان العامل الأكثر تأثيراً في الكثافة الظاهرية هو عمق التربة يؤثر بنسبة 11% ثم رطوبة التربة بنسبة 10%، وهذا يدل على ان عمق التربة عامل مهم في قياس الكثافة الظاهرية للتربة اذ تتناسب الكثافة الظاهرية طردياً مع العمق، ويأتي بعده عامل الرطوبة.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Bulk density

Actual Factors  
A: Soil Moisture = 17.50  
B: Depth = 22.50  
\*C: Growing season = After plowing  
\*D: Plow type = Moldboard plow

Categoric Factors  
C  
D

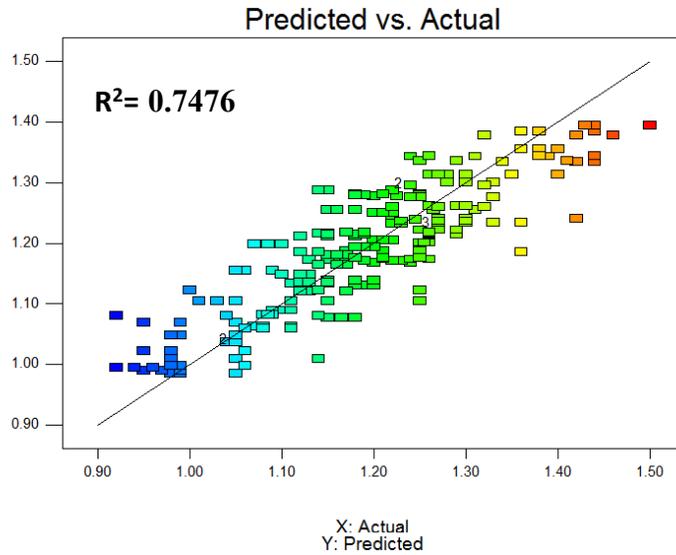


### شكل (125) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على الكثافة الظاهرية

يوضح الشكل 126 تحليل الانحدار للكثافة الظاهرية بتأثير عوامل الدراسة المختلفة، اذ وجد ان انتشار البيانات متناسق، اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.7476$  وهذا يدل على ان النموذج الرياضي يتمتع بمتانة جيدة ويمكن تطبيقه بكفاءة أفضل مقارنة بالنتائج الحقلية. ويوضح الجدول 33 النماذج الرياضية لكل محراث خلال فترات النمو للمحصول للتنبؤ بالكثافة الظاهرية للتربة باختلاف الظروف الحقلية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالكثافة الظاهرية للتربة من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة وعمق التربة.

Design-Expert® Software  
Bulk density

Color points by value of  
Bulk density:  
1.5  
0.92



### شكل (126) العلاقة بين الكثافة الظاهرية المقاسة حقليا والمتنبئ بها

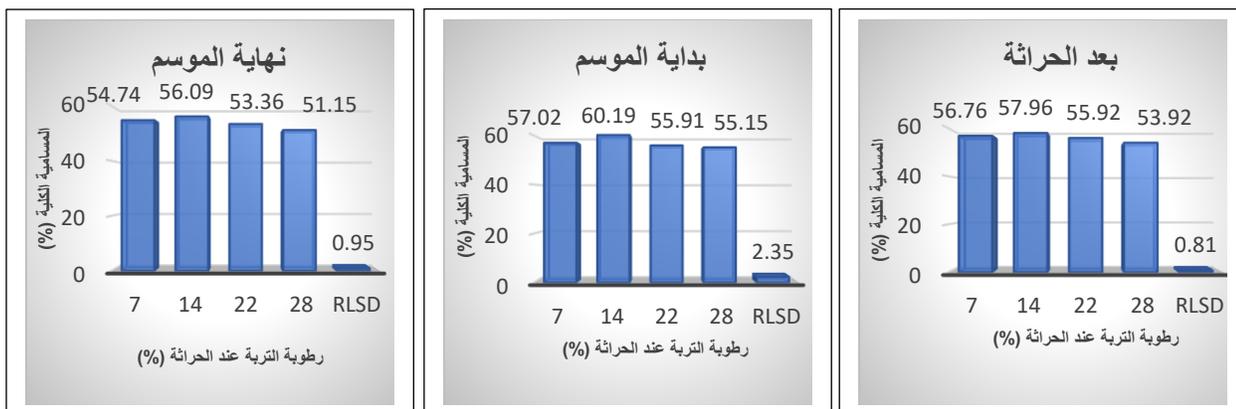
جدول (33) المعادلات التنبؤية بكثافة التربة الظاهرية باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو

| Growing season | Plow type      | Final Equation   |
|----------------|----------------|--|
| After plowing  | Moldboard plow | $\text{Bulk density} = +1.00303 - 1.75523\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} + 4.75749\text{E-}003 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $\text{Bulk density} = +1.06063 - 5.39986\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} + 3.13712\text{E-}003 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $\text{Bulk density} = +1.00686 - 2.92157\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} + 3.26675\text{E-}003 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
| Season start   | Moldboard plow | $\text{Bulk density} = +0.81926 - 2.05938\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} + 0.011859 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$            |
|                | Chisel plow    | $\text{Bulk density} = +0.88457 - 8.44140\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} + 0.010239 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$            |
|                | Disk plow      | $\text{Bulk density} = +0.82455 - 3.22572\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} + 0.010369 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$            |
| Season End     | Moldboard plow | $\text{Bulk density} = +1.11611 - 7.66659\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} + 2.23897\text{E-}003 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $\text{Bulk density} = +1.14600 + 4.48584\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} + 6.18603\text{E-}004 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $\text{Bulk density} = +1.11035 - 1.93300\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} + 7.48232\text{E-}004 * \text{Depth} + 2.57794\text{E-}004 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |

#### 4. 2. 2. المسامية الكلية للتربة Total porosity

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة، يلاحظ من الشكل 127 ان رطوبة التربة عند الحراثة لها دور في تغيير مسامية التربة اذ تفوقت الرطوبة 14% معنوياً بأعطاء اعلى مسامية كلية للتربة بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو اذ بلغت 57.96 و 60.19 و 56.09% على التوالي، ثم تلتها رطوبة التربة 7% بمسامية كلية بلغت 56.76 و 57.02 و 54.74% لفترات موسم النمو على التوالي، لكن انخفضت مسامية التربة عند زيادة الرطوبة عند 22% اذ بلغت مسامية التربة 55.92 و 55.91 و 53.36% لفترات موسم النمو على

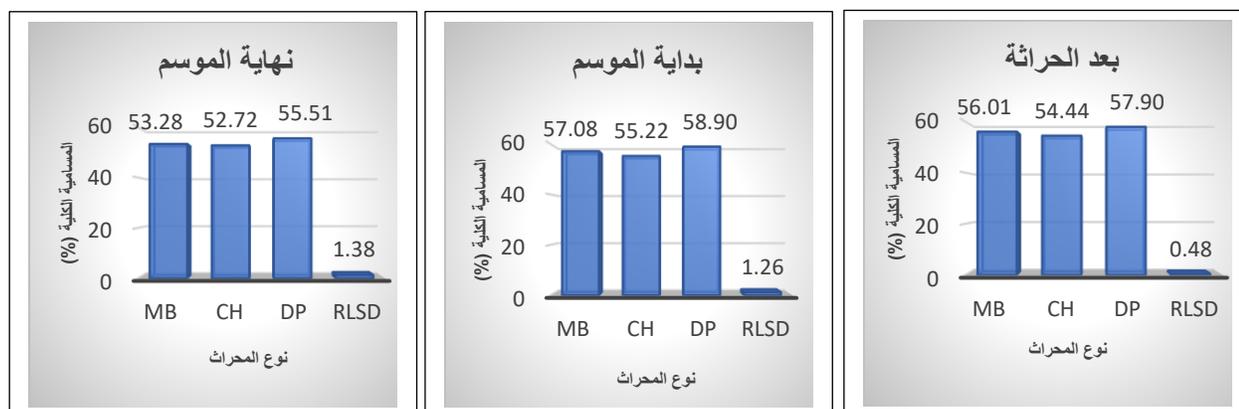
التوالي، بينما أعطت رطوبة التربة عند الحراثة 28% اقل مسامية كلية للتربة بلغت 53.92 و55.15 و51.15% للفترات على التوالي. ويعلل سبب ذلك الى تأثير رطوبة التربة في تماسك التربة والتصاقها اذ يزداد التماسك الجزيئي بانخفاض رطوبة التربة ويزداد التماسك المتأني من الأفلام المائية والالتصاق بزيادة رطوبة التربة وينخفض التماسكان عند الحالة الهشة للتربة عند 14% من رطوبتها مما يجعل قوة التربة منخفضة وسهلة التفكك مما يقلل من كثافة التربة الظاهرية التي تتناسب عكسياً مع المسامية الكلية للتربة (معادلة 3) وبالتالي زيادة مسامية التربة عند رطوبة 14%. بينما ازدادت كثافة التربة الظاهرية عند رطوبة 7% نتيجة زيادة التماسك الجزيئي مما زاد من قوة التربة وقلة تفككها وبالتالي انخفضت المسامية الكلية للتربة. وعند زيادة رطوبة التربة عند 22 و28% ازداد تماسك الأفلام المائية والتصاق التربة عند الحراثة مما أدى الى زيادة بالكثافة الظاهرية للتربة وبالتالي انخفاض المسامية الكلية للتربة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Nassir 2018) عند اجراء عملية الحراثة بثلاث مستويات رطوبة للتربة 10.23 و16.47 و24.68% ان رطوبة التربة 16.47% سجلت اعلى مسامية كلية للتربة بلغت 56.29% بينما كانت 54.90% و48.56% عند الرطوبة 10.23 و24.68% على التوالي.



شكل (127) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المسامية الكلية للتربة (%)

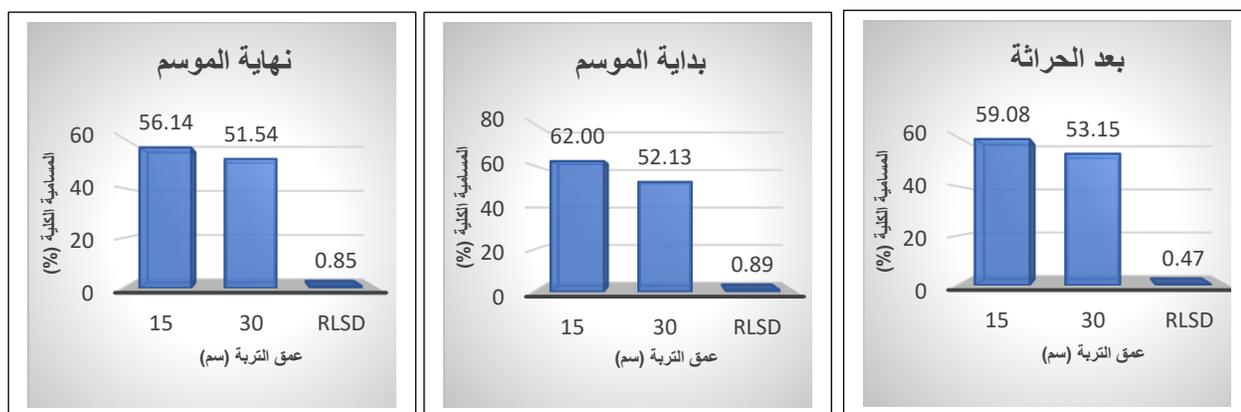
يلاحظ من الملحق 16 و17 و18 ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة، اذ يبين الشكل 128 تأثير نوع المحراث في مسامية التربة، يلاحظ من الشكل ان اعلى مسامية كلية للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي وبفارق معنوي عن المحارث الأخرى المستخدمة في التجربة اذ بلغت 57.90 و58.90 و55.51% بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، بينما أدت الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار الى اعطاء مسامية اقل بلغت 56.01 و57.08 و53.28% للمحراث المطرحي و54.44 و55.22 و52.72% للمحراث الحفار لفترات موسم النمو على التوالي. ويعود سبب تفوق المحراث القرصي

الى قابليته على تفكيك التربة واثارتها وخفض الكثافة الظاهرية أكثر من المحراث المطرحي والحفار وبالتالي زيادة المسامية الكلية نتيجة تناسبها عكسياً مع الكثافة الظاهرية. بينما يسبب المحراث المطرحي زيادة الضغط المسلط على التربة اثناء الحراثة نتيجة تأثير قلب التربة بالمطرحة وخصوصاً مع اختلاف الظروف الحقلية من تغير رطوبة التربة مما يسبب رص للتربة وزيادة الكثافة الظاهرية وبالتالي انخفاض المسامية الكلية. كما ان الحراثة بالمحراث الحفار أدت الى تفكيك التربة موضعياً دون قلبها وبالتالي يكون تفكيك التربة واثارتها اقل من المحارث القلابة مما زاد من كثافة التربة الظاهرية وقلل مساميتها. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه كل من Koch et al. (2008) والطائي وآخرون (2015) اذ وجدوا ان المحراث الحفار سجل اقل مسامية كلية للتربة مقارنةً بالمحراث القرصي والمطرحي.



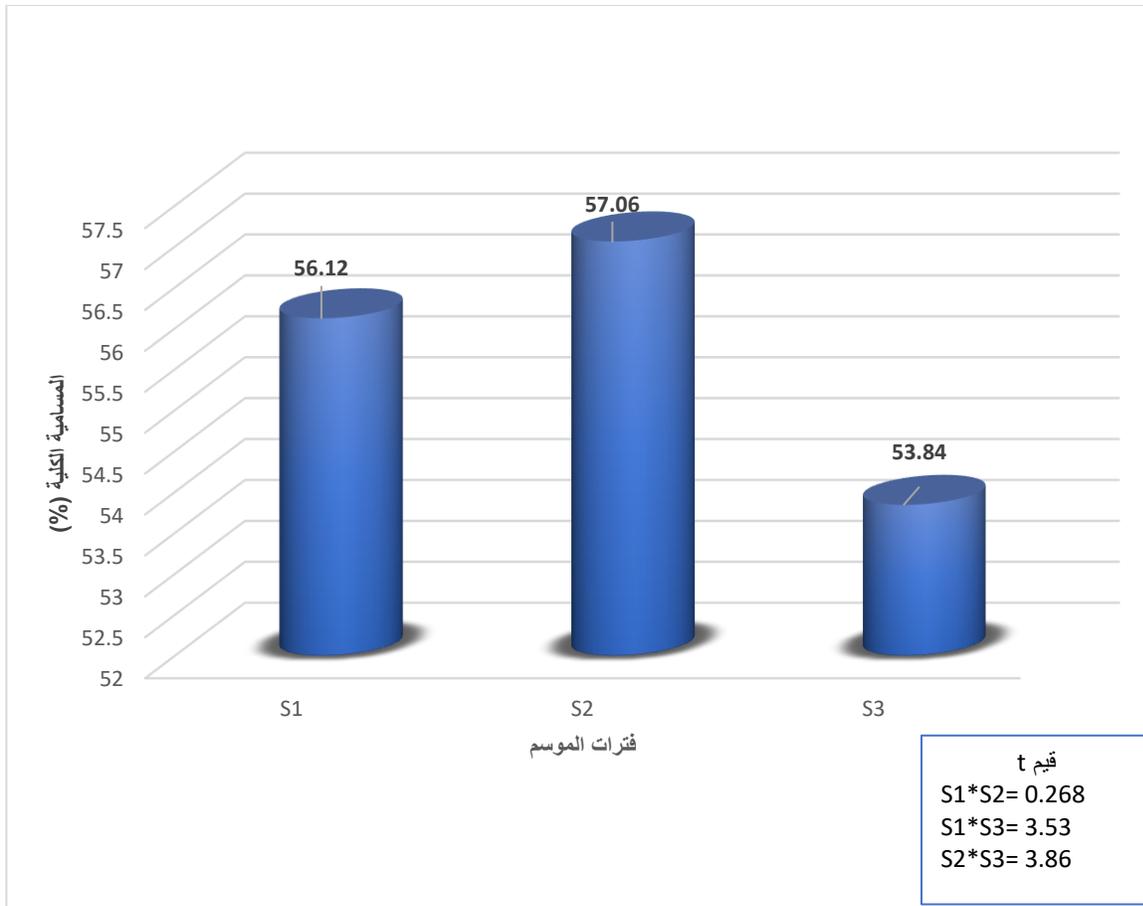
شكل (128) تأثير نوع المحراث في المسامية الكلية للتربة (%)

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان لعمق التربة تأثير في المسامية الكلية للتربة، اذ يلاحظ من الشكل 129 ان المسامية الكلية للتربة انخفضت بزيادة عمق التربة من 15 الى 30 سم اذ بلغت 59.08 و 62.00 و 56.14% للعمق 15 سم و 53.15 و 52.13 و 51.54% للعمق 30 سم بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة بزيادة عمق التربة نتيجة زيادة قوة التربة وتماسكها بزيادة العمق كما ان العمق 15 سم جرت عليه عمليات تنعيم مقارنة بالعمق 30 سم فضلاً عن انتشار الجذور عند هذا العمق مما أدى الى زيادة المسامية الكلية للتربة عند العمق الأول (15 سم) مقارنة بالعمق الثاني. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه المياحي (2014) والنصار (2015) اذ وجدوا ان مسامية التربة الكلية انخفضت بزيادة عمق التربة نتيجة زيادة الكثافة الظاهرية للتربة.



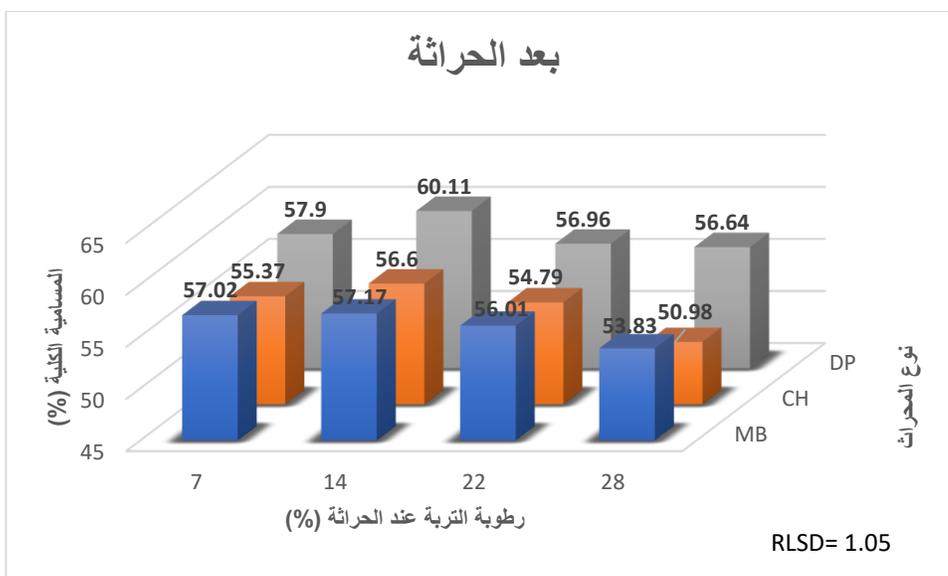
شكل (129) تأثير عمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%)

كما بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار T في الملحق 19 ان المسامية الكلية للتربة تغيرت بتغير فترات النمو للمحصول اذ وجد ان لفترات النمو تأثير عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة، يلاحظ من الشكل 130 ان مسامية التربة ازدادت في بداية موسم النمو لتعطي اعلى قيمة لها اذ بلغت 57.06% وبدون فارق معنوي مع مسامية التربة الكلية بعد الحراثة اذ بلغت 56.12%، بينما انخفضت مسامية التربة الكلية لتعطي اقل قيمة لها عند نهاية موسم النمو بلغت 53.84%. ويعلل سبب تفوق مسامية التربة عند بداية موسم النمو الى تأثير تفكك التربة بعملية الحراثة وتنعيمها بمعدات التنعيم فضلاً عن انتشار الجذور عند بداية موسم النمو مما ساعد على خلخلة التربة وبالتالي انخفاض كثافة التربة وزيادة مساميتها. بينما كانت مسامية التربة اقل بعد عملية الحراثة وذلك لان حجم المسامات كان أكبر من المسامية الكلية للتربة نتيجة وجود كتل كبيرة ناتجة من عملية الحراثة ولم تمر عليه معدات التنعيم بعد مما جعل كثافة التربة اعلى ومساميتها اقل من بداية الموسم، بينما انخفضت في نهاية موسم النمو نتيجة حركة دقائق التربة الناعمة وتفكك مجاميع التربة وانسداد المسامات خلال عمليات الري خلال موسم النمو مما أدى الى زيادة الكثافة الظاهرية وخفض مسامية التربة. واتفقت هذه النتائج مع ما توصل اليه داود (2011) والطائي وآخرون (2015) اذ لاحظوا ان مسامية التربة انخفضت في نهاية موسم النمو مقارنةً ببدايته.



شكل (130) تأثير فترات النمو في المسامية الكلية للتربة (%)

يلاحظ من بيانات تحليل التباين لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المسامية الكلية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو، في حين بينت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 16 و 17 و 18) ان للتداخل تأثير عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة بعد الحراثة اذ يلاحظ من الشكل 131 ان اعلى مسامية كلية للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% بلغت 60.11%، بينما أعطت اقل مسامية كلية للتربة عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 28% بلغت 50.98%. وهذا بسبب التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المسامية الكلية.



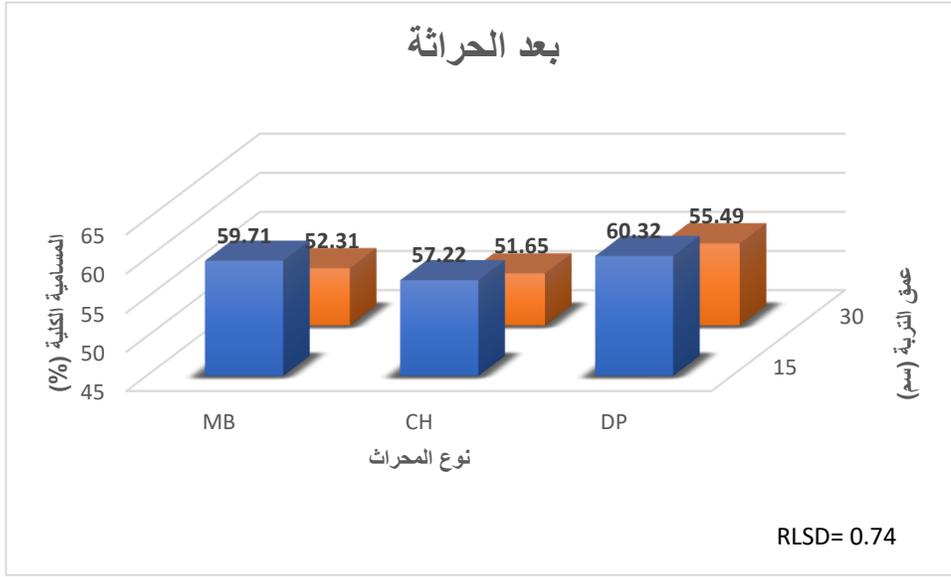
**شكل (131) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المسامية الكلية للتربة (%)**

كما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة، اذ يلاحظ من الجدول 34 ان معاملة الحراثة عند رطوبة تربة 14% عند عمق تربة 15 سم اعطت اعلى مسامية كلية للتربة بلغت 62.23 و 63.37 و 57.39% بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، بينما أدت الحراثة برطوبة تربة 28% عند عمق تربة 30 سم الى اعطاء اقل مسامية كلية للتربة اذ بلغت 48.13 و 48.72 و 50.00% للفترات على التوالي. وهذا بسبب التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة.

**جدول (34) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%)**

| نهاية الموسم    |       | بداية الموسم    |       | بعد الحراثة     |       | رطوبة التربة (%) |
|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|------------------|
| عمق التربة (سم) |       | عمق التربة (سم) |       | عمق التربة (سم) |       |                  |
| 30              | 15    | 30              | 15    | 30              | 15    |                  |
| 52.87           | 56.61 | 52.45           | 61.58 | 54.76           | 58.77 | 7                |
| 54.80           | 57.39 | 57.00           | 63.37 | 53.69           | 62.23 | 14               |
| 50.36           | 56.37 | 50.36           | 61.46 | 54.15           | 57.69 | 22               |
| 48.13           | 54.17 | 48.72           | 61.58 | 50.00           | 57.63 | 28               |
| 1.44            |       | 2.50            |       | 0.97            |       | RLSD             |

تبين النتائج لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة تأثير عالي المعنوية في المسامية الكلية للتربة بعد الحراثة، في حين لم يكن للتداخل تأثير معنوي في المسامية الكلية للتربة عند بداية ونهاية موسم النمو، اذ أظهرت النتائج في الشكل 132 ان اعلى مسامية كلية للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق تربة 15 سم بلغت 60.32%، بينما أدت الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق تربة 30 سم الى اعطاء اقل مسامية للتربة بلغت 51.65%. وهذا بسبب طبيعة عمل كل محراث وتأثير عمق التربة في المسامية الكلية.



شكل (132) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%)

كما يلاحظ ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة بعد الحراثة وبداية موسم النمو، بينما لم يكن هناك فرق معنوي للتداخل في نهاية موسم النمو (ملحق 16 و 17 و 18). يلاحظ من الجدول 35 ان اعلى مسامية كلية للتربة سجلت عند الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة تربة 14% عند العمق 15 سم بلغت 63.49% بعد الحراثة، واعلى مسامية كلية كانت في بداية موسم النمو عند الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة تربة 22% وعمق تربة 15 سم وبدون فارق معنوي مع الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة تربة 14% وعمق تربة 15 سم بلغت 65.57 و 64.47% على التوالي. كما ان اقل مسامية كلية للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 28% عند العمق 30 سم بعد الحراثة بلغت 47.92%، واقل مسامية كلية للتربة عند بداية موسم النمو سجلت عند الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 28% وعمق تربة 30 سم وبدون فارق معنوي

مع الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 28% عند العمق 30 سم اذ بلغت 47.17 و 47.42% على التوالي. وهذا بسبب التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية.

**جدول (35) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في المسامية الكلية للتربة (%)**

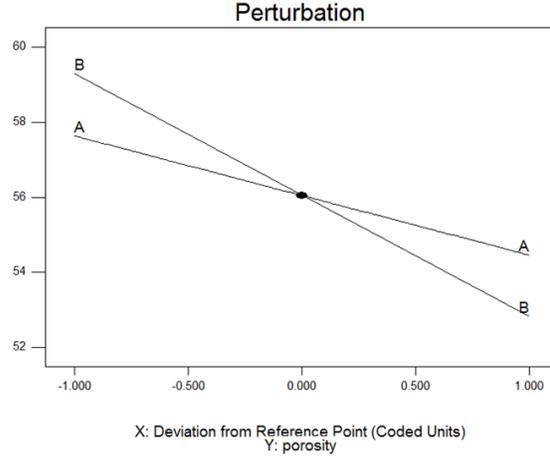
| بعد الحراثة                  |       |       |       |       |       |                  |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |       |       |       |       |       | رطوبة التربة (%) |
| DP                           |       | CH    |       | MB    |       |                  |
| 30                           | 15    | 30    | 15    | 30    | 15    |                  |
| 55.60                        | 60.20 | 54.34 | 56.41 | 54.34 | 59.71 | 7                |
| 56.73                        | 63.49 | 52.26 | 60.93 | 52.08 | 62.27 | 14               |
| 56.60                        | 57.33 | 52.08 | 57.51 | 53.77 | 58.24 | 22               |
| 53.02                        | 60.26 | 47.92 | 54.03 | 49.06 | 58.61 | 28               |
| 1.52                         |       |       |       |       |       | RLSD             |
| بداية الموسم                 |       |       |       |       |       |                  |
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |       |       |       |       |       | رطوبة التربة (%) |
| DP                           |       | CH    |       | MB    |       |                  |
| 30                           | 15    | 30    | 15    | 30    | 15    |                  |
| 54.59                        | 63.13 | 49.81 | 60.32 | 52.96 | 61.29 | 7                |
| 59.06                        | 64.47 | 55.85 | 62.15 | 56.10 | 63.49 | 14               |
| 49.81                        | 65.57 | 50.44 | 57.14 | 50.82 | 61.66 | 22               |
| 51.57                        | 63.00 | 47.42 | 58.61 | 47.17 | 63.13 | 28               |
| 3.51                         |       |       |       |       |       | RLSD             |

يلاحظ من الشكل 133 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في المسامية الكلية للتربة ان لعمق التربة ورطوبة التربة تأثير على المسامية الكلية بنسب مختلفة، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في المسامية الكلية للتربة هو عمق التربة بنسبة 11% ثم رطوبة التربة بنسبة 8%، وهذا يدل على ان عمق التربة عامل مهم في قياس المسامية الكلية للتربة اذ تتناسب المسامية الكلية عكسياً مع العمق، ويأتي بعده عامل الرطوبة.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
porosity

Actual Factors  
A: Soil Moisture = 17.50  
B: Depth = 22.50  
\*C: Growing season = After plowing  
\*D: Plow type = Moldboard plow

Categoric Factors  
C  
D

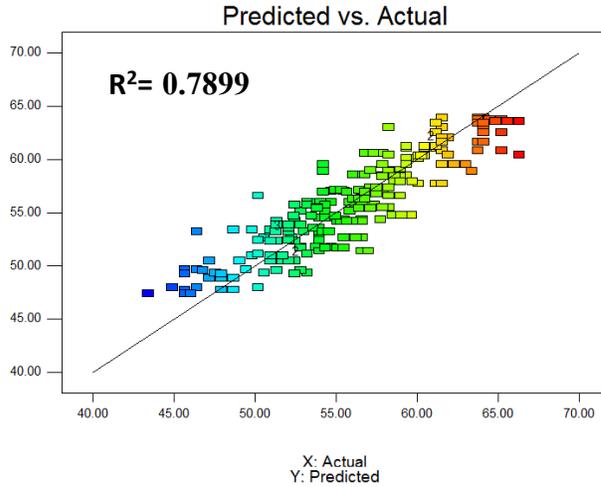


### شكل (133) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على المسامية الكلية للتربة

اجري تحليل الانحدار باستخدام برنامج Design Expert لإيجاد العلاقة ما بين القيم المحسوبة والمتنبئ بها للمسامية الكلية، اذ يبين الشكل 134 تحليل الانحدار للمسامية الكلية للتربة بتأثير عوامل الدراسة المختلفة، اذ وجد ان انتشار البيانات متناسق، اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.7899$  وهذا يدل على ان النموذج الرياضي يتمتع بمتانة جيدة ويمكن تطبيقه بكفاءة أفضل مقارنة بالنتائج الحقلية. ويوضح الجدول 36 النماذج الرياضية لكل محراث خلال فترات النمو للمحصول للتنبؤ بالمسامية الكلية للتربة باختلاف الظروف الحقلية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالمسامية الكلية للتربة من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة وعمق التربة.

Design-Expert® Software  
porosity

Color points by value of  
porosity:  
66.3004  
43.3962



### شكل (134) العلاقة بين المسامية الكلية للتربة المقاسة حقليا والمتنبئ بها

جدول (36) المعادلات التنبؤية بالمسامية الكلية للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو

| Growing season | Plow type      | Final Equation   |
|----------------|----------------|--|
| After plowing  | Moldboard plow | $\text{porosity} = +64.51708 + 0.071327 * \text{Soil Moisture} - 0.25864 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $\text{porosity} = +62.43778 + 0.026785 * \text{Soil Moisture} - 0.20105 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $\text{porosity} = +64.28729 + 0.11571 * \text{Soil Moisture} - 0.19930 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$  |
| Season start   | Moldboard plow | $\text{porosity} = +71.30249 + 0.081491 * \text{Soil Moisture} - 0.52077 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $\text{porosity} = +68.93761 + 0.036948 * \text{Soil Moisture} - 0.46318 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $\text{porosity} = +71.00200 + 0.12587 * \text{Soil Moisture} - 0.46142 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$  |
| Season End     | Moldboard plow | $\text{porosity} = +60.44955 + 0.034007 * \text{Soil Moisture} - 0.16953 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $\text{porosity} = +59.37784 - 0.010536 * \text{Soil Moisture} - 0.11194 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $\text{porosity} = +60.55513 + 0.078389 * \text{Soil Moisture} - 0.11019 * \text{Depth} - 9.90177\text{E-}003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |

#### 4. 2. 3. المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان هناك تأثير عالي المعنوية لرطوبة التربة عند الحراثة على قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، اذ يلاحظ من الشكل 135 ان المحتوى الرطوبي للتربة يزداد معنوياً بزيادة رطوبة التربة عند الحراثة اذ اعطت رطوبة التربة 28% اعلى محتوى رطوبي للتربة بلغ 29.10 و 22.07 و 15.18% للفترات بعد الحراثة وبداية موسم النمو ونهايته على التوالي. بينما أعطت رطوبة التربة 14% اقل محتوى رطوبي للتربة عند بداية ونهاية موسم النمو وبدون فارق معنوي مع الرطوبة 7% اذ بلغ 17.89 و 9.49% عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، بينما

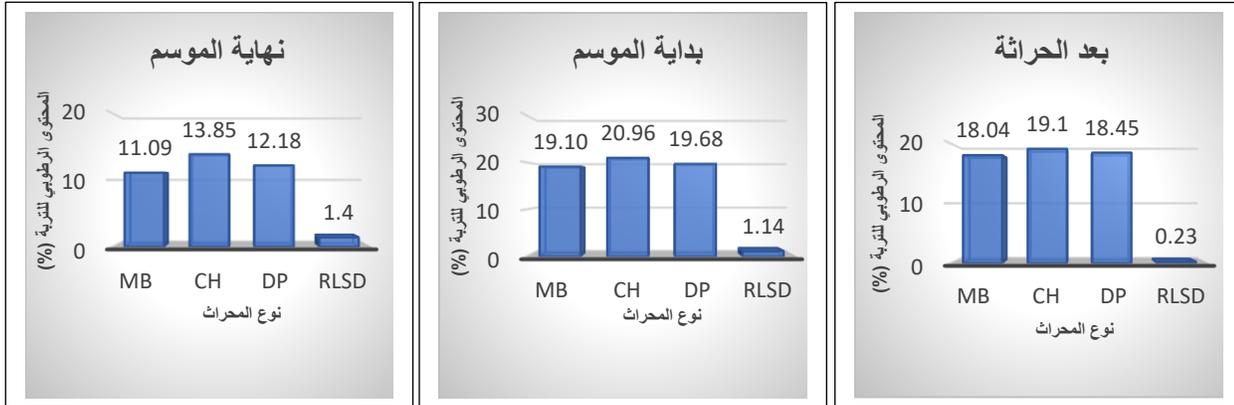
بلغ بعد الحراثة 15.49%، في حين بلغ المحتوى الرطوبي للتربة عند رطوبة الحراثة 7% و 18.81 و 10.38% للفترات على التوالي، وعند رطوبة التربة 22% أعطت محتوى رطوبي بلغ 22.40 و 20.89 و 14.45% للفترات على التوالي. ويعلل سبب ذلك الى ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير على قابلية التربة على التفكك اذ ان الحالة الهشة والجافة للتربة (14 و 7%) تكون أكثر قابلية على التفكك وزيادة مسامية التربة وتهويتها وبالتالي زيادة بزل وحركة الماء الى الأسفل، لكن بزيادة الرطوبة يزداد حجم الاغلفة المائية حول دقائق التربة وبالتالي تكون قابلية التربة على الانضغاط اثناء عملية الحراثة أكبر وبالتالي يسبب وزن الجرار والمحراث كبس للتربة الرطبة مما يقلل من حجم المسام وبالتالي يقل بزل الماء مما يزيد من قابلية التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.



شكل (135) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في المحتوى الرطوبي للتربة (%)

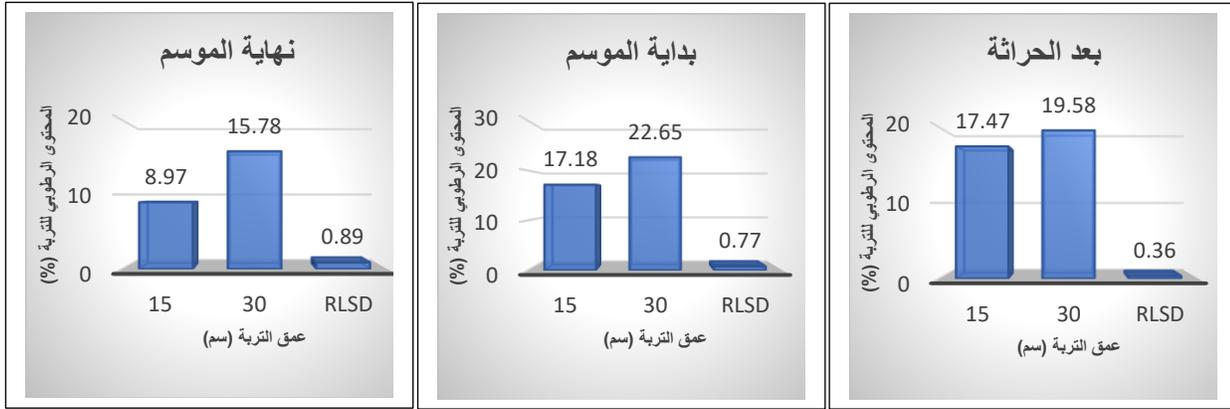
بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة، اذ وجد من خلال الشكل 136 ان اعلى محتوى رطوبي للتربة كان عند الحراثة بالمحراث الحفار اذ بلغ 19.10 و 20.96 و 13.85%، بينما لم يكن هناك فرق معنوي ما بين المحتوى الرطوبي عند الحراثة بالمحراث القرصي والمحراث المطرحي في بداية ونهاية موسم النمو اذ بلغت رطوبة التربة لكلا المحراثين 18.45 و 19.68 و 12.18% للمحراث القرصي و 18.04 و 19.10 و 11.09% للمحراث المطرحي لفترات موسم النمو على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى تأثير المحراث الحفار في عملية حراثة التربة اذ يعمل على تفكيك التربة موضعياً دون اثارها ونتيجة زيادة كثافة التربة الظاهرية وانخفاض المسامية الكلية للتربة مما أدى الى خفض قابلية التربة على بزل الماء وبالتالي زيادة تجمع الماء في التربة. بينما أدت الحراثة بالمحراث القرصي الى تحسين خصائص التربة التي لها علاقة برطوبة التربة من خلال تحسين كثافة التربة الظاهرية ومساميتها وتفكيك التربة بشكل أفضل مما ساعد على

حركة الماء الى الأسفل وبالتالي انخفاض قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء، بينما انخفضت عند المحراث المطرحي نتيجة تكوين كتل أكثر تماسكاً من المحراث القرصي حتى بعد اجراء عمليات التنعيم نتيجة ظروف الحقل السائدة اثناء الحراثة من رطوبة التربة مما يترك حجم مسامات أكبر وبالتالي زيادة بزل الماء. وهذا ما توصل اليه كل من الموسى (2020) و Shabanpour *et al.* (2022) اذ لاحظوا ان المحراث الحفار سجل اعلى محتوى رطوبي للتربة مقارنة بنظم الحراثة الأخرى.



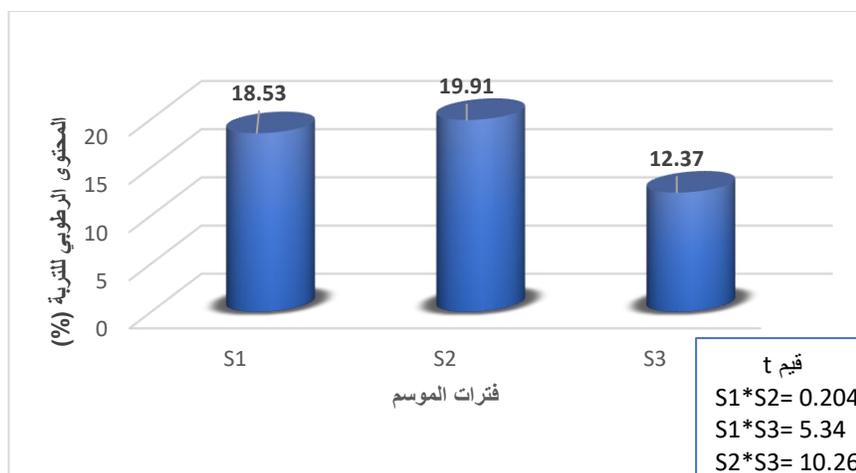
شكل (136) تأثير نوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة (%)

وجد ان لعمق التربة تأثير عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة كما موضح في نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18، اذ يلاحظ من الشكل 137 ان رطوبة التربة تزداد معنوياً بزيادة عمق التربة اذ ازدادت من 17.47 و 17.18 و 8.97% الى 19.58 و 22.65 و 15.78% عند زيادة عمق التربة من 15 سم الى 30 سم لفترات موسم النمو بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي. ويعود سبب ذلك الى تفكك التربة وانخفاض كثافتها الظاهرية وزيادة مساميتها عند العمق 15 سم مما ساعد على بزل الماء فضلاً عن التبخر السطحي عند سطح التربة، لكن بزيادة العمق زادت الكثافة الظاهرية وقلت مسامية التربة مما يقلل من بزل الماء وبالتالي زيادة المحتوى الرطوبي للتربة. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل اليه Alsayim *et al.* (2021) اذ لاحظوا ان رطوبة التربة تزداد بزيادة عمق التربة.



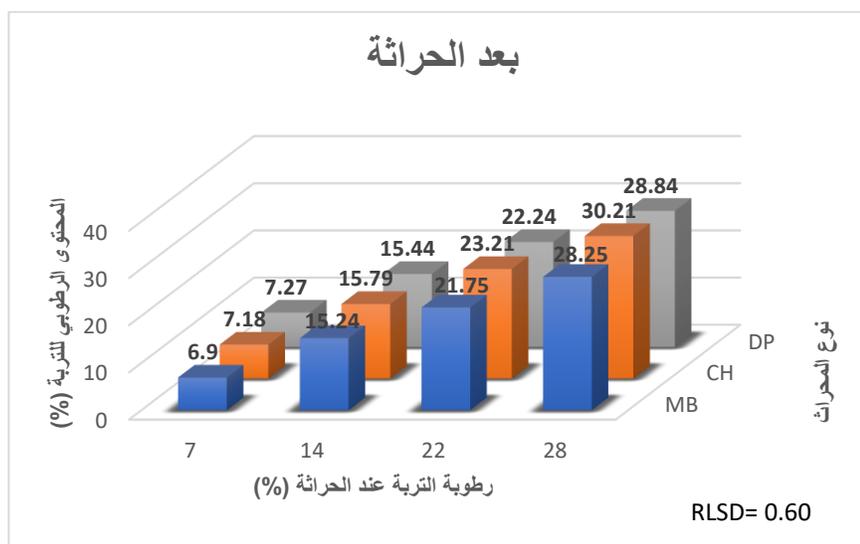
### شكل (137) تأثير عمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (%)

تؤثر فترات النمو وتغير المناخ خلال موسم النمو على الخواص الفيزيائية للتربة وخصوصاً المحتوى الرطوبي للتربة، إذ أظهرت نتائج اختبار t (ملحق 19) ان لفترات النمو تأثير عالي المعنوية في المحتوى الرطوبي للتربة، يلاحظ من الشكل 138 ان اعلى محتوى رطوبي للتربة سجل عند بداية موسم النمو إذ بلغ 19.91% بدون فارق معنوي مع المحتوى الرطوبي بعد الحراثة (18.53%)، و اقل محتوى رطوبي للتربة كان عند نهاية موسم النمو بلغ 12.37%. ويعزى ذلك الى تأثير التغيرات المناخية خلال موسم النمو إذ تكون درجات الحرارة منخفضة وسقوط الامطار في بداية موسم النمو وبالتالي تقل معدلات التبخر، لكن عند نهاية موسم النمو تزداد درجات الحرارة وتقل الامطار ويزداد التبخر من سطح التربة ويزداد استهلاك الماء من قبل المحصول مما يقلل من المحتوى الرطوبي للتربة. اما رطوبة التربة بعد الحراثة فتعتمد على رطوبة التربة عند ري التربة عند اجراء عملية الحراثة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه الطائي وآخرون (2015) إذ لاحظوا ان رطوبة التربة انخفضت في نهاية موسم النمو مقارنةً ببدايته نتيجة التغير في درجات الحرارة خلال موسم النمو.



شكل (138) تأثير فترات النمو في المحتوى الرطوبي للتربة (%)

بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 16 و 17 و 18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة عند بداية ونهاية موسم النمو. بينما أظهرت نتائج التحليل ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل بعد الحراثة، اذ يبين الشكل 139 ان اعلى محتوى رطوبي للتربة كان عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 28% بلغ 30.21%، بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة تربة 7% اقل محتوى رطوبي بلغ 6.90%. وهذا يعزى الى تأثير رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة.



شكل (139) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في المحتوى الرطوبي للتربة

(%)

كما وجد ان هناك تأثير عالي المعنوية للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة كما موضح في الملحق 16 و 17 و 18 والجدول 37، اذ وجد ان رطوبة التربة عند الحراثة 28% وعمق تربة 30 سم سجل اعلى محتوى رطوبي للتربة بلغ 32.23 و 24.80 و 19.65% بعد الحراثة وبداية موسم النمو ونهايته على التوالي، بينما أعطت رطوبة التربة عند الحراثة 7% وعمق تربة 15 سم اقل محتوى رطوبي للتربة بعد الحراثة بلغ 6.88%. واعطت رطوبة التربة 14% عند عمق 15 سم في بداية ونهاية موسم النمو اقل محتوى رطوبي للتربة بلغ 15.20 و 7.42% على التوالي. وهذا يعود الى التأثير المشترك لكل من رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة.

**جدول (37) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة (%)**

| نهاية الموسم    |       | بداية الموسم    |       | بعد الحراثة     |       | رطوبة التربة (%) |
|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|------------------|
| عمق التربة (سم) |       | عمق التربة (سم) |       | عمق التربة (سم) |       |                  |
| 30              | 15    | 30              | 15    | 30              | 15    |                  |
| 12.95           | 7.81  | 20.60           | 17.01 | 7.35            | 6.88  | 7                |
| 11.56           | 7.42  | 20.58           | 15.20 | 15.85           | 15.13 | 14               |
| 18.95           | 9.95  | 24.61           | 17.16 | 22.90           | 21.90 | 22               |
| 19.65           | 10.71 | 24.80           | 19.34 | 32.23           | 25.97 | 28               |
| 2.98            |       | 1.52            |       | 0.67            |       | <b>RLSD</b>      |

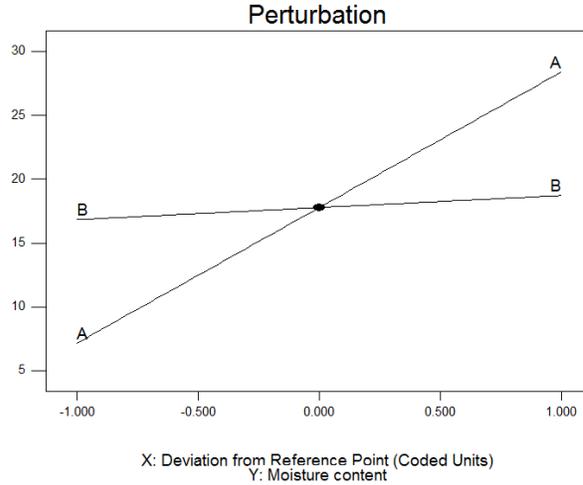
بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة والتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في المحتوى الرطوبي للتربة.

يبين الشكل 140 تأثير عوامل الدراسة في المحتوى الرطوبي للتربة، اذ يلاحظ ان العامل الأكثر تأثيراً في المحتوى الرطوبي للتربة هو رطوبة التربة عند الحراثة اذ اثرت بنسبة عالية بلغت 45%، ثم عمق التربة بنسبة 24%، وهذا يدل على ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير وعامل مهم في قياس المحتوى الرطوبي للتربة، ويأتي بعده عامل عمق التربة اذ تزداد رطوبة التربة بزيادة العمق.

Design-Expert® Software  
 Factor Coding: Actual  
 Moisture content

Actual Factors  
 A: Soil Moisture = 17.50  
 B: Depth = 22.50  
 \*C: Growing season = After plowing  
 \*D: Plow type = Moldboard plow

Categoric Factors  
 C  
 D

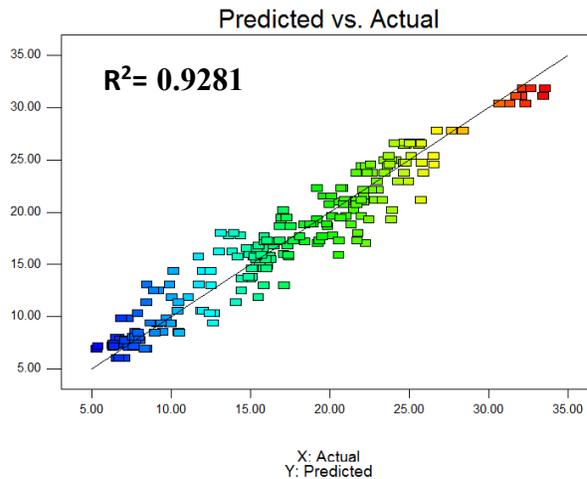


شكل (140) الأهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على المحتوى الرطوبي للتربة

يبين الشكل 141 تحليل الانحدار للمحتوى الرطوبي للتربة بتأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق التربة وفترات النمو، إذ وجد أن انتشار البيانات منتظم، إذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9281$  وهذا يدل على أن النموذج الرياضي يتمتع بمناخه عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالنتائج الحقلية. ويوضح الجدول 38 النماذج الرياضية لكل محراث خلال فترات النمو للمحصول للتنبؤ بالمحتوى الرطوبي للتربة باختلاف الظروف الحقلية، إذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالمحتوى الرطوبي للتربة من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة وعمق التربة.

Design-Expert® Software  
 Moisture content

Color points by value of  
 Moisture content:  
 33.56  
 5.32



شكل (141) العلاقة بين المحتوى الرطوبي للتربة المقاس حقلياً والمنتبئ به

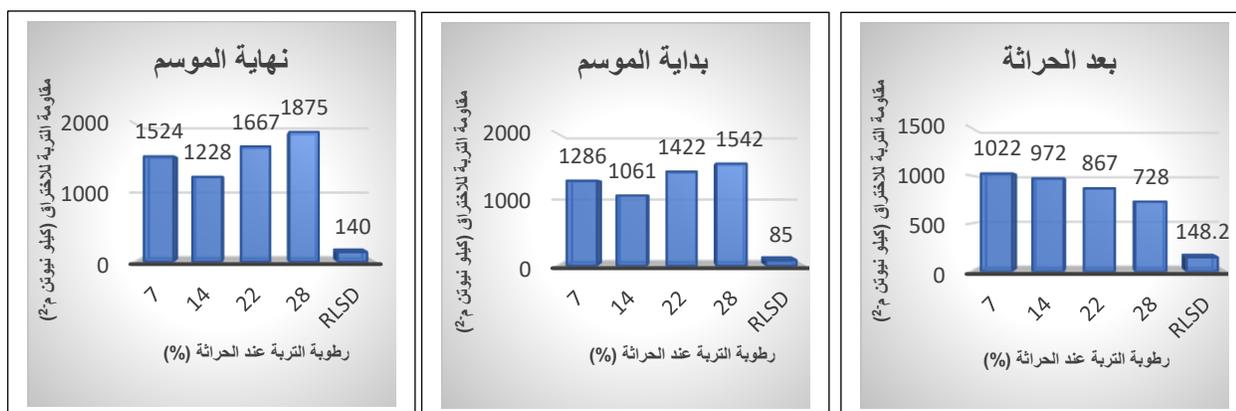
جدول (38) المعادلات التنبؤية بالمحتوى الرطوبي للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو

| Growing season | Plow type      | Final Equation   |
|----------------|----------------|--|
| After plowing  | Moldboard plow | Moisture content = +2.41550 +0.71546 * Soil Moisture -0.10401 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth      |
|                | Chisel plow    | Moisture content = +2.85265 +0.74863 * Soil Moisture -0.10249 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth      |
|                | Disk plow      | Moisture content = +2.06088 +0.71967 * Soil Moisture -0.073305 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth     |
| Season start   | Moldboard plow | Moisture content = +13.40571 -0.12316 * Soil Moisture +0.11634 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth     |
|                | Chisel plow    | Moisture content = +14.47452 -0.089997 * Soil Moisture +0.11786 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth    |
|                | Disk plow      | Moisture content = +13.22317 -0.11896 * Soil Moisture +0.14705 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth     |
| Season End     | Moldboard plow | Moisture content = +1.82079 -0.039458 * Soil Moisture +0.20725 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth     |
|                | Chisel plow    | Moisture content = +4.00711 -6.29245E-003 * Soil Moisture +0.20877 * Depth +0.013175 * Soil Moisture * Depth |
|                | Disk plow      | Moisture content = +2.19076 -0.035254 * Soil Moisture +0.23795 * Depth +0.01317 * Soil Moisture * Depth      |

#### 4.2.4. مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance

يلاحظ من جدول تحليل التباين (ملحق 16 و 17 و 18) ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق، كما أظهرت النتائج في الشكل 142 ان رطوبة التربة 14% أعطت اقل مقاومة تربة للاختراق وان رطوبة التربة 28% أعطت اعلى مقاومة تربة للاختراق عند بداية ونهاية موسم النمو في حين انخفضت مقاومة التربة للاختراق بزيادة رطوبة التربة بعد الحراثة، اذ كانت مقاومة التربة للاختراق لرطوبة التربة 7 و 14 و 22 و 28% بلغت 1022 و 972 و 867 و 728 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> بعد الحراثة على التوالي، وبلغت في بداية موسم النمو 1286 و 1061 و 1422 و 1542 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لرطوبة التربة عند

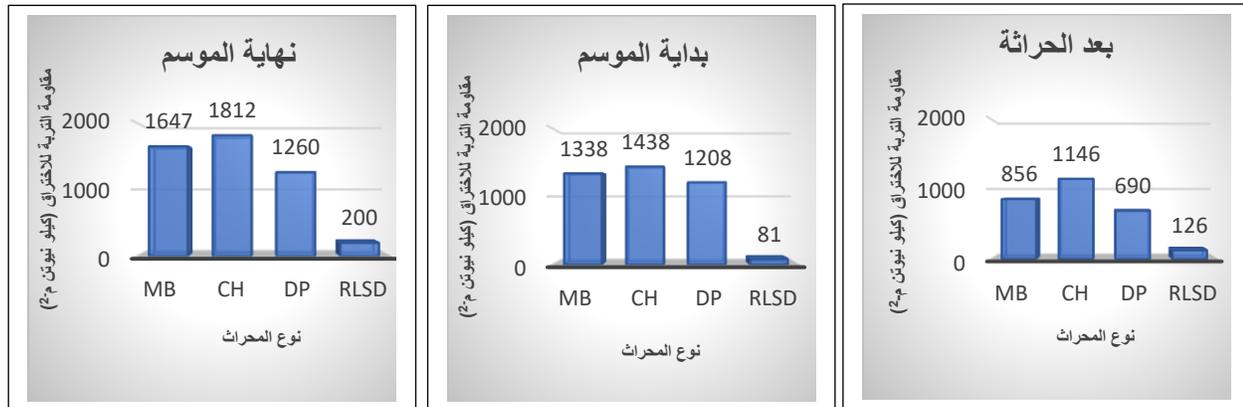
الحرارة على التوالي، وازدادت في نهاية موسم النمو اذ بلغت 1524 و 1228 و 1667 و 1875 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>- لرطوبة التربة عند الحرارة على التوالي. ويعلل سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى انخفاض قوة التربة ومقاومتها نتيجة انخفاض التماسك الجزيئي وتماسك الأفلام المائية عند الحالة الهشة للتربة عند 14% من رطوبتها مما يجعل التماسك ما بين دقائق التربة قليل وسهلة التفكك والاختراق، في حين يزداد التماسك الجزيئي بانخفاض رطوبة التربة عند 7% مما يزيد من قوة التربة ومقاومتها للاختراق، اما الرطوبة 22 و 28% فزادت قوتها نتيجة زيادة التماسك المتأتي من الأفلام المائية فضلا عن انضغاط التربة نتيجة تداخل دقائقها وانسداد المسامات بدقائق التربة وبالتالي زيادة مقاومة التربة للاختراق، اما سبب انخفاض مقاومة التربة للاختراق بزيادة رطوبة التربة بعد الحرارة فيعود الى ان بزيادة رطوبة التربة تقل مقاومة الاختراق نتيجة انخفاض قوتها مع زيادة رطوبة التربة. وتتفق هذه النتائج مع (Ahmadi and Mollazade (2009) اذ وجد ان رطوبة التربة 13-15% خفضت مقاومة التربة للاختراق بنسبة 40%.



شكل (142) تأثير رطوبة التربة عند الحرارة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>2</sup>-)

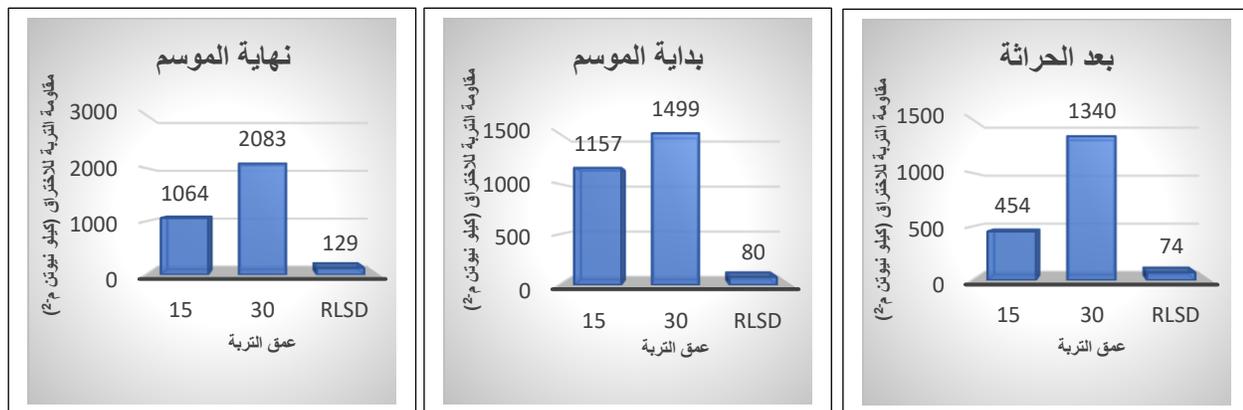
بينت النتائج في الشكل 143 والملحق 16 و 17 و 18 ان هناك تأثير معنوي لنوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق، اذ وجد ان الحرارة بالمحراث القرصي تحت ظروف الحقل اعطت اقل مقاومة اختراق بلغت 690 و 1208 و 1260 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>- بعد الحرارة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، ثم تلتها الحرارة بالمحراث المطرحي بمقاومة اختراق بلغت 856 و 1338 و 1647 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>- لفترات موسم النمو على التوالي، في حين سجلت الحرارة بالمحراث الحفار اعلى مقاومة اختراق للتربة بلغت 1146 و 1438 و 1812 كيلو نيوتن م<sup>2</sup>- لفترات موسم النمو على التوالي. ويعزى سبب ذلك الى ان الحرارة بالمحراث القرصي قللت من كثافة التربة الظاهرية نتيجة سهولة عمل المحراث تحت ظروف الحقل مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار وبالتالي إمكانية تفكيك التربة بشكل أفضل. وتتفق هذه النتائج مع (Dekemati et al. (2019

و(2007) Boydas and Turgut اذ وجدو ان الحرثة بالمحراث الحفار اعطت اعلى مقاومة اختراق للتربة بينما أدت الحرثة بالمحراث القرصي الى تسجيل اقل مقاومة اختراق للتربة.



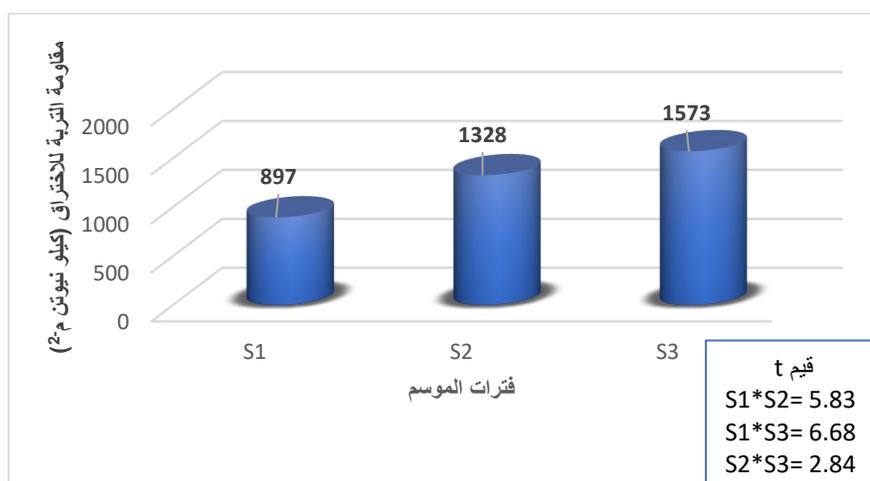
شكل (143) تأثير نوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

أظهرت نتائج التحليل لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان لعقق التربة تأثير معنوي في مقاومة التربة للاختراق، اذ يلاحظ من الشكل 144 ان بزيادة عمق التربة من 15 الى 30 سم ازدادت مقاومة التربة للاختراق بنسبة 66.12 و 22.82 و 48.92% بعد الحرثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي. وهذا يعود الى زيادة قوة التربة وتماسكها بزيادة عمق التربة فضلاً عن تنعيم التربة عند العمق 15 سم وانتشار الجذور مما يقلل من كثافة التربة وبالتالي انخفاض مقاومتها للاختراق. وتتفق هذه النتائج مع (Amin et al. 2014) اذ توصل الى ان مقاومة التربة للاختراق تزداد بزيادة عمق التربة.



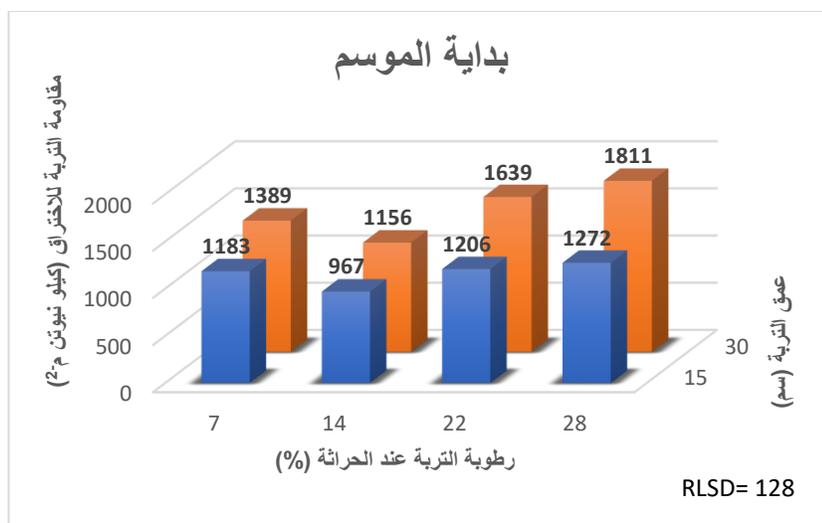
شكل (144) تأثير عمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

كما ان لفترة نمو المحصول تأثير في مقاومة التربة للاختراق، اذ يبين الملحق 19 والشكل 145 ان لفترات النمو تأثير معنوي في مقاومة التربة للاختراق، اذ وجد ان اقل مقاومة للاختراق كانت بعد عملية الحراثة اذ بلغت 897 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما ازدادت عند بداية الموسم ونهايته اذ بلغت 1328 و1573 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لبداية ونهاية موسم النمو على التوالي، وهذا يعود الى تفكك التربة وزيادة مساميتها وانخفاض كثافتها بعد الحراثة مما يقلل من مقاومة التربة، لكن بعد الزراعة وري المحصول ونتيجة عمليات الترطيب والتجفيف في التربة أدى الى زيادة كثافة التربة وتحطم تجمعات التربة وانسداد المسامات وبالتالي زيادة مقاومة التربة للاختراق خلال موسم النمو. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (Martins et al. (2021) اذ لاحظ ان مقاومة التربة للاختراق ازدادت في نهاية موسم النمو مقارنة ببدايته.



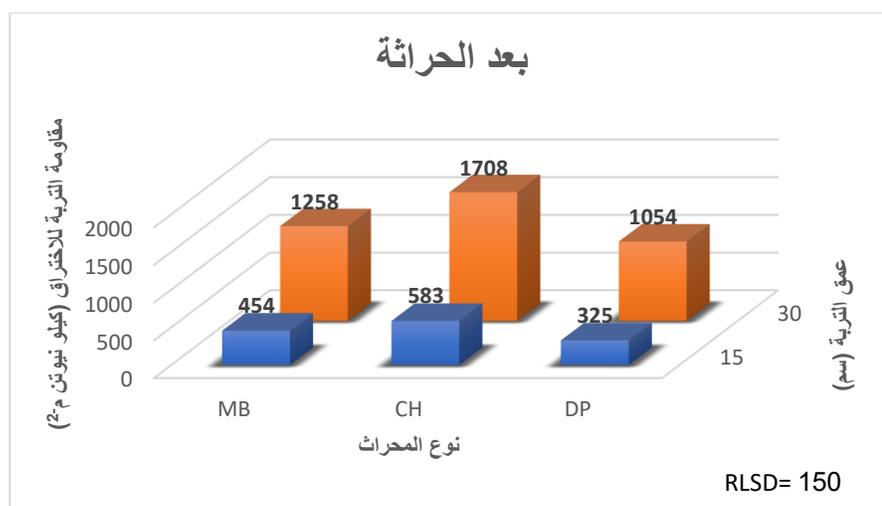
شكل (145) تأثير فترات النمو في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

كما بينت نتائج التحليل الاحصائي في الملحق 16 و17 و18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في مقاومة التربة للاختراق. يلاحظ من الملحق 16 و17 و18 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق بعد الحراثة ونهاية موسم النمو، بينما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي ان للتداخل تأثير معنوي في مقاومة التربة للاختراق في بداية موسم النمو، اذ يلاحظ من الشكل 146 ان معاملة الحراثة برطوبة تربة 14% عند عمق تربة 15 سم تفوقت معنويا بتسجيل اقل مقاومة اختراق للتربة بلغت 967 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>، واعلى مقاومة اختراق عند الحراثة برطوبة تربة 28% عند عمق 30 سم اذ بلغت 1811 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>. وهذا يعزى الى رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق.



شكل (146) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

في حين بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) ان هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق بعد الحراثة، بينما لم يكن للتداخل تأثير معنوي للتداخل في مقاومة التربة للاختراق في بداية ونهاية موسم النمو. اذ يلاحظ من الشكل 147 تفوق معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق تربة 15 سم بأعطاء اقل مقاومة اختراق للتربة بلغت 325 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>، بينما أعطت الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق تربة 30 سم اعلى مقاومة اختراق بلغت 1708 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>. وهذا بسبب التأثير المتداخل لكل من نوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق.



شكل (147) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)

كما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 ان للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة تأثير عالي المعنوية في مقاومة التربة للاختراق بعد الحراثة، بينما لم يكن للتداخل تأثير معنوي في مقاومة الاختراق في بداية ونهاية موسم النمو، اذ يلاحظ من الجدول 39 ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 28% وعمق تربة 15 سم بعد الحراثة اعطت اقل مقاومة اختراق للتربة بلغت 233 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>. كما أظهرت النتائج في الجدول 39 ان اعلى مقاومة اختراق للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 7% وعمق تربة 30 سم بعد الحراثة بلغت 1567 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لعوامل الدراسة الأربعة في مقاومة التربة للاختراق.

**جدول (39) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في مقاومة التربة للاختراق (كيلو نيوتن م<sup>-2</sup>)**

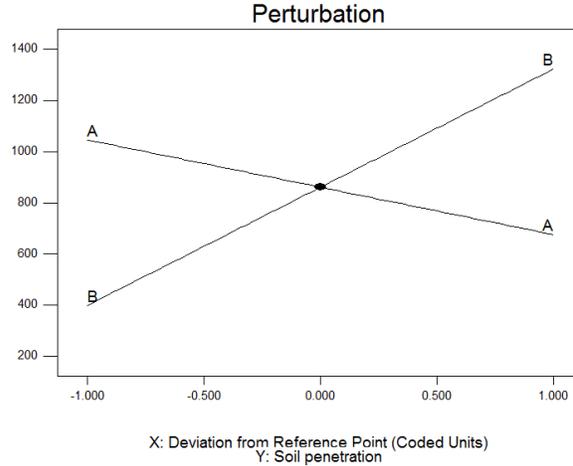
| بعد الحراثة                  |     |      |     |      |     |                  |
|------------------------------|-----|------|-----|------|-----|------------------|
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |     |      |     |      |     |                  |
| DP                           |     | CH   |     | MB   |     | رطوبة التربة (%) |
| 30                           | 15  | 30   | 15  | 30   | 15  |                  |
| 1467                         | 333 | 1567 | 733 | 1467 | 567 | 7                |
| 1300                         | 367 | 1700 | 567 | 1433 | 467 | 14               |
| 750                          | 367 | 1800 | 633 | 1200 | 450 | 22               |
| 700                          | 233 | 1767 | 400 | 933  | 333 | 28               |
| 291.00                       |     |      |     |      |     | RLSD             |

ان لعوامل الدراسة تأثير في مقاومة الاختراق بنسب معينة، اذ يلاحظ من الشكل 148 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في مقاومة التربة للاختراق، ان العامل الأكثر تأثيراً في مقاومة التربة للاختراق هو عمق التربة بنسبة 54% ثم رطوبة التربة بنسبة 21%، وهذا يدل على ان عمق التربة عامل مهم في قياس مقاومة التربة للاختراق اذ تزداد مقاومة التربة بزيادة العمق، ويأتي بعده عامل الرطوبة.

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Soil penetration

Actual Factors  
A: Soil Moisture = 17.50  
B: Depth = 22.50  
\*C: Growing season = After plowing  
\*D: Plow type = Moldboard plow

Categoric Factors  
C  
D

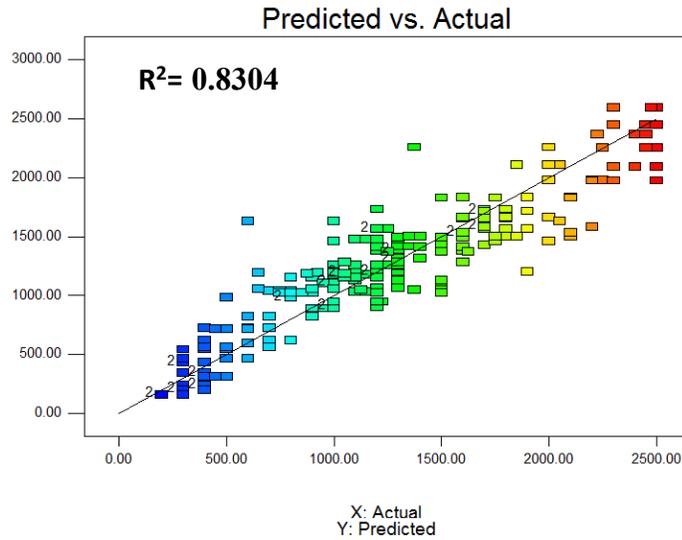


شكل (148) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على مقاومة التربة للاختراق

يوضح الشكل 149 تحليل الانحدار لمقاومة التربة للاختراق ما بين القيم المقاسة حقلياً والقيم المتنبئ بها بتأثير عوامل الدراسة المختلفة، اذ يلاحظ ان انتشار البيانات حول خط الانحدار جيد، اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.8304$  وهذا يدل على ان النموذج الرياضي يتمتع بمتانة جيدة ويمكن تطبيقه بكفاءة أفضل مقارنة بالنتائج الحقلية. ويوضح الجدول 40 النماذج الرياضية لكل محراث خلال فترات النمو للمحصول للتنبؤ بمقاومة التربة للاختراق باختلاف الظروف الحقلية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بمقاومة التربة للاختراق من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة.

Design-Expert® Software  
Soil penetration

Color points by value of  
Soil penetration:  
2500  
200



شكل (149) العلاقة بين مقاومة الاختراق المقاسة حقلياً والمتنبئ بها

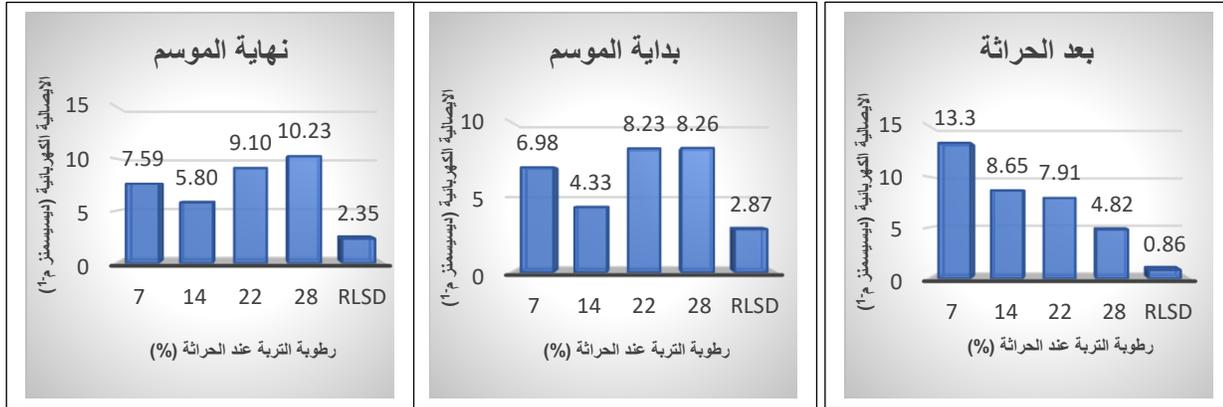
جدول (40) المعادلات التنبؤية بمقاومة التربة للاختراق باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو

| Growing season | Plow type      | Final Equation   |
|----------------|----------------|--|
| After plowing  | Moldboard plow | Soil penetration = -153.92706 -21.29675 * Soil Moisture +58.82882 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
|                | Chisel plow    | Soil penetration = +18.04445 -15.66839 * Soil Moisture +59.61586 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth  |
|                | Disk plow      | Soil penetration = -230.68000 -15.38814 * Soil Moisture +50.17142 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
| Season start   | Moldboard plow | Soil penetration = +614.94246 +8.50872 * Soil Moisture +22.53253 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth  |
|                | Chisel plow    | Soil penetration = +597.33064 +14.13708 * Soil Moisture +23.31957 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
|                | Disk plow      | Soil penetration = +575.68952 +14.41734 * Soil Moisture +13.87512 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
| Season End     | Moldboard plow | Soil penetration = -181.01829 +13.56285 * Soil Moisture +67.67142 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
|                | Chisel plow    | Soil penetration = -133.00512 +19.19121 * Soil Moisture +68.45845 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |
|                | Disk plow      | Soil penetration = -477.56290 +19.47146 * Soil Moisture +59.01401 * Depth +0.16162 * Soil Moisture * Depth |

#### 4. 2. 5. الايصالية الكهربائية للتربة Electrical Conductivity

ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير عالي المعنوية في الايصالية الكهربائية للتربة، اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 والشكل 150 ان الايصالية الكهربائية للتربة انخفضت معنوياً بزيادة رطوبة التربة بعد الحراثة اذ بلغت 13.30 و 8.65 و 7.91 و 4.82 ديسيمنز م<sup>-1</sup> للرطوبات 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، في حين تفوقت رطوبة التربة عند الحراثة 14% معنوياً بتسجيل اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 4.33 و 5.80 ديسيمنز م<sup>-1</sup> عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، بينما ازدادت

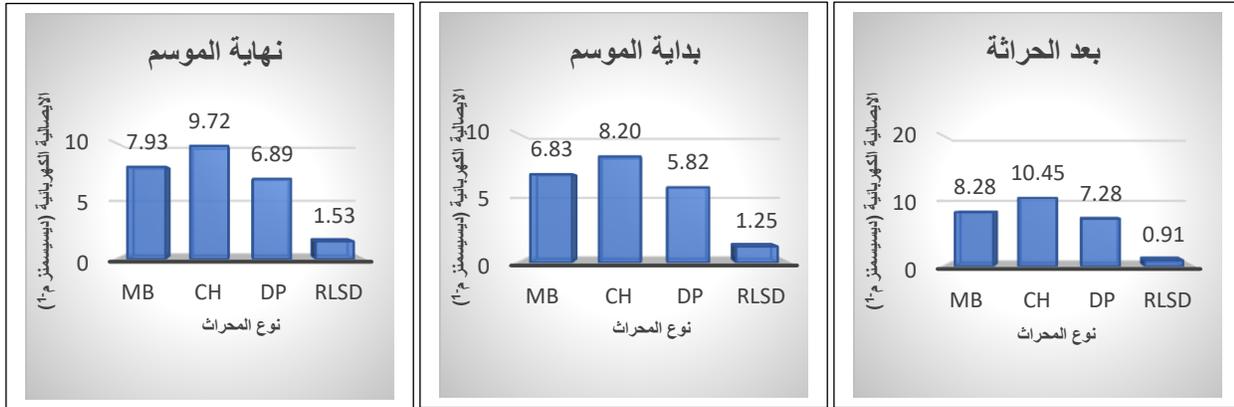
الايصالية الكهربائية عند رطوبة التربة 7 و 22 و 24% اذ بلغت الايصالية الكهربائية للتربة 6.98 و 8.23 و 8.26 ديسيمنز م<sup>-1</sup> في بداية موسم النمو و 7.59 و 9.10 و 10.23 ديسيمنز م<sup>-1</sup> عند نهاية موسم النمو. ويعلل سبب تفوق الرطوبة 14% الى تحسن خواص التربة من انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة مسامية التربة مما ساعد على زيادة غسل الاملاح ومنع صعود الاملاح بالخاصية الشعرية الى سطح التربة وبالتالي قلت الايصالية الكهربائية للتربة، عند زيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% أدت حراثة التربة الى كبس التربة وتقليل مساميتها وزيادة كثافتها الظاهرية مما قلل من قابلية التربة على غسل الاملاح الى الأسفل وبالتالي زيادة الايصالية الكهربائية للتربة. اما سبب انخفاض الايصالية الكهربائية بعد الحراثة بزيادة رطوبة التربة فيعود الى غسل الاملاح الناتج من ري التربة لتهيئة معاملات رطوبة التربة للحراثة.



شكل (150) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

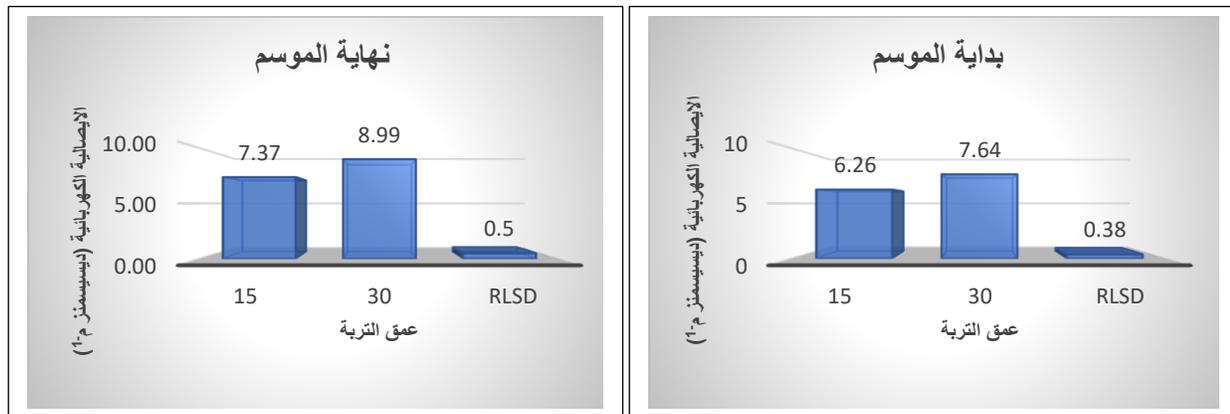
أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في الايصالية الكهربائية للتربة، اذ اوضحت النتائج في الشكل 151 ان حراثة التربة بالمحراث القرصي أعطت اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 7.28 و 5.82 و 6.89 ديسيمنز م<sup>-1</sup> بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته على التوالي، بينما ازدادت الايصالية الكهربائية عند الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار اذ بلغت 8.28 و 6.83 و 7.93 ديسيمنز م<sup>-1</sup> للمحراث المطرحي و 10.45 و 8.20 و 9.72 للمحراث الحفار لفترات موسم النمو على التوالي. وهذا يعود الى تأثير المحراث في تفكيك التربة واثارتها اذ أدت الحراثة بالمحراث القرصي الى تقليل الكثافة الظاهرية وزيادة مسامية التربة مما ساعد على تحسين بزل الماء والاملاح الى الأسفل ومنع تجمعها عند الطبقات السطحية للتربة، في حين أدت الحراثة بالمحراث الحفار الى إعطاء كثافة تربة اعلى ومسامية اقل مقارنة بالمحراث القرصي وبالتالي قلت حركة وبزل الماء والاملاح الى الأسفل

مما زاد من الايصالية الكهربائية للتربة. بينما أعطت الحرثا بالمحراث المطرحي مسامية اقل من المحراث القرصي واعلى من المحراث الحفار مما أدى الى زيادة بزل الاملاح مقارنة بالمحراث الحفار.



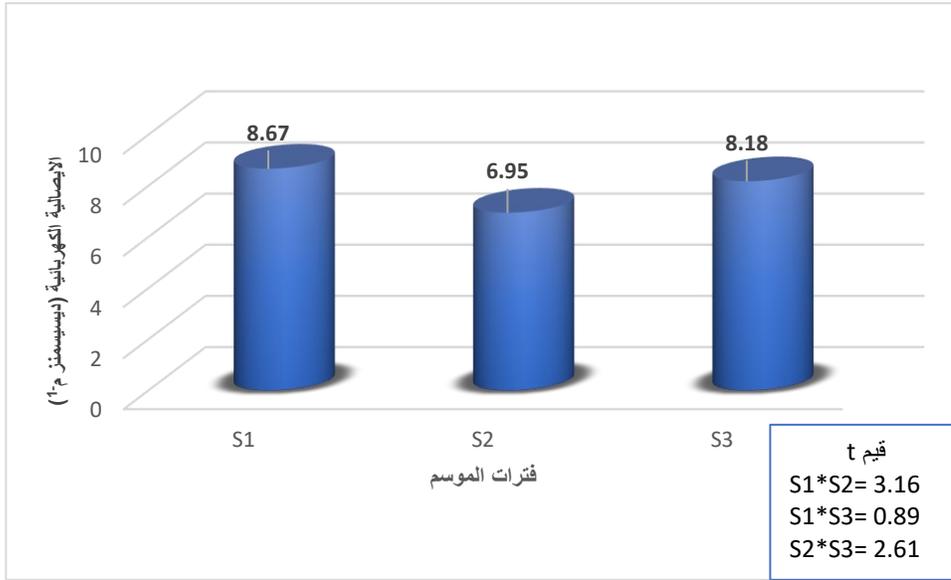
شكل (151) تأثير نوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

يلاحظ من جدول تحليل التباين لاختبار F في الملحق 16 و 17 و 18 عدم وجود تأثير معنوي لعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة بعد الحرثا، في حين ان هناك تأثير معنوي لعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة في بداية ونهاية موسم النمو اذ يلاحظ من الشكل 152 ان الايصالية الكهربائية للتربة عند العمق 15 سم بلغت 6.26 و 7.37 ديسيمنز م<sup>-1</sup> عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي، بينما ازدادت الايصالية الكهربائية عند عمق التربة 30 سم لتبلغ 7.64 و 8.99 ديسيمنز م<sup>-1</sup> عند بداية ونهاية موسم النمو على التوالي. ويعود سبب ذلك الى تفكك التربة وزيادة مساميتها عند العمق 15 سم مما ساعد على غسل الاملاح عند الري كما ان زيادة المسامية عند السطح قللت من صعود الماء بالخاصية الشعرية وبالتالي انخفاض تبخر الماء من السطح وتجمع الاملاح.



شكل (152) تأثير عمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

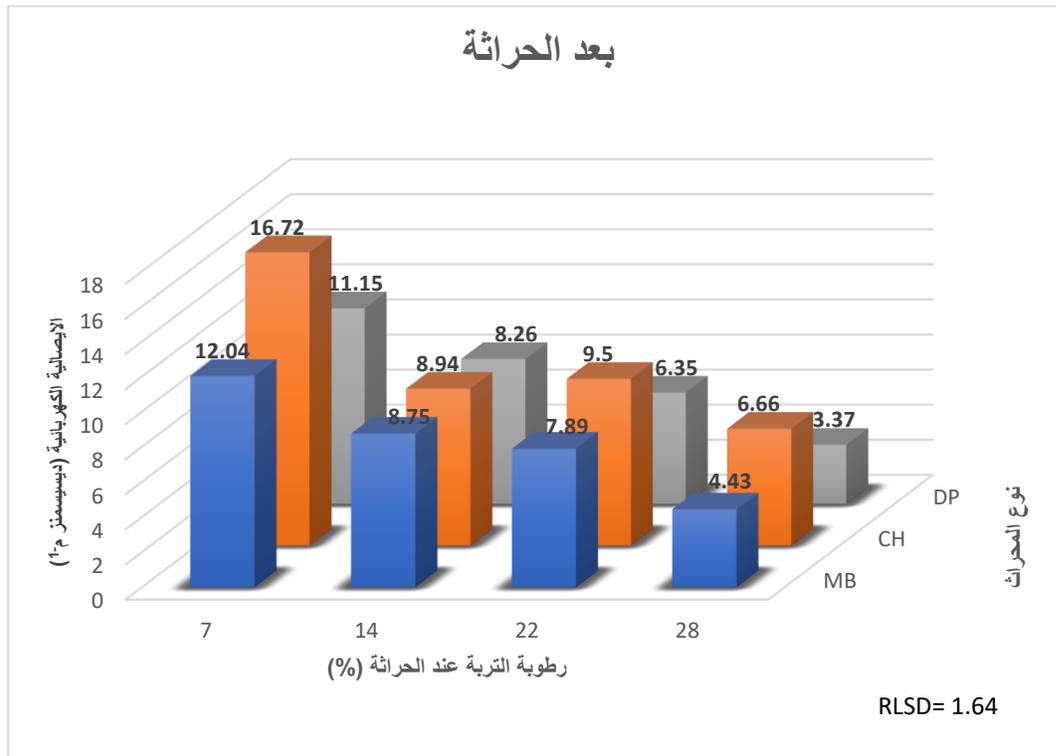
كما وجد ان لفترات النمو تأثير عالي المعنوية في الايصالية الكهربائية للتربة (نتائج اختبار t في الملحق 19)، اذ بينت النتائج في الشكل 153 ان اقل ايصالية كهربائية للتربة سجلت عند بداية موسم النمو بلغت 6.95 ديسيمنز م<sup>-1</sup> وبفارق معنوي عن الايصالية الكهربائية بعد الحراثة ونهاية موسم النمو، بينما لم يكن هناك فرق معنوي ما بين الايصالية الكهربائية بعد الحراثة ونهاية موسم النمو اذ بلغت 8.67 و 8.18 ديسيمنز م<sup>-1</sup> على التوالي. ويعلل سبب تفوق الايصالية الكهربائية عند بداية الموسم الى انخفاض درجات الحرارة وزيادة الامطار وعمليات الري وتحسن خواص التربة الفيزيائية من كثافة ظاهرية ومسامية مما ساعد على غسل الاملاح وتقليل التبخر السطحي وبالتالي خفض الايصالية الكهربائية للتربة، بينما ازدادت بعد الحراثة نتيجة ملوحة التربة العالية عند الحراثة اذ لم يتم ري التربة بعد ولم تنعم وتغسل الاملاح. اما ارتفاع الايصالية الكهربائية في نهاية الموسم فيعود الى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الكثافة الظاهرية وانخفاض المسامية وإيقاف عمليات الري مما يقلل من غسل الاملاح وزيادة التبخر وبالتالي زيادة الايصالية الكهربائية للتربة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه الموسى (2020) اذ لاحظ ان الايصالية الكهربائية للتربة ازدادت في نهاية موسم النمو مقارنةً ببدايته نتيجة التغير في درجات الحرارة وارتفاعها في نهاية موسم النمو.



شكل (153) تأثير فترات النمو في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

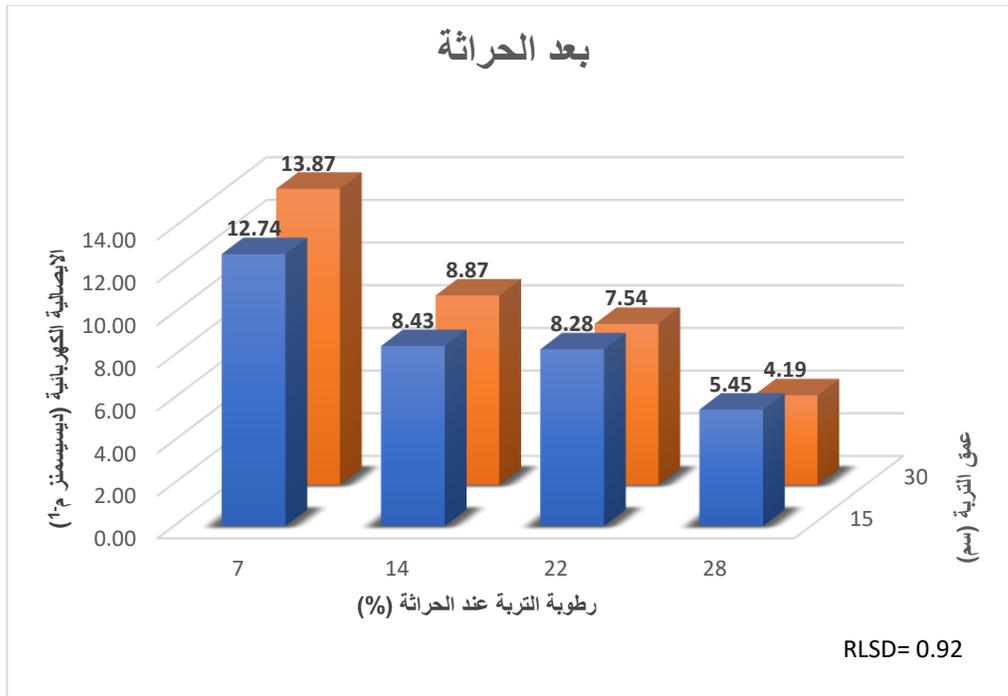
كما يلاحظ من الملحق 16 و 17 و 18 عدم وجود تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة عند بداية ونهاية موسم النمو، بينما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي ان للتداخل تأثير معنوي في الايصالية الكهربائية للتربة بعد الحراثة. يلاحظ من الشكل 154 ان

معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 28% تفوقت معنوياً بتسجيل اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 3.37 ديسيمنز م<sup>-1</sup>، في حين سجلت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 7% اعلى ايصالية كهربائية للتربة بلغت 16.72 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. ويعزى ذلك الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة.



**شكل (154) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)**

بينما أظهرت نتائج التحليل الاحصائي (ملحق 16 و 17 و 18) ان للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة تأثير معنوي في الايصالية الكهربائية للتربة بعد الحراثة، بينما لم يكن للتداخل تأثير معنوي في بداية ونهاية موسم النمو، اذ يلاحظ من الشكل 155 ان رطوبة التربة 28% عند عمق 30 سم اعطت اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 4.19 ديسيمنز م<sup>-1</sup>، بينما أعطت رطوبة التربة 7% عند العمق 30 سم اعلى ايصالية كهربائية للتربة بلغت 13.87 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. وهذا يعود الى التأثير المتداخل لكل من رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة.



**شكل (155) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)**

في حين بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 16 و 17 و 18) انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة في بداية موسم النمو، بينما هناك تأثير معنوي للتداخل بعد الحراثة ونهاية موسم النمو، اذ بينت النتائج في الجدول 41 ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند عمق تربة 15 سم اعطت اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 6.35 و 7.05 ديسيمنز م<sup>-1</sup> بعد الحراثة ونهاية موسم النمو على التوالي، واعلى ايصالية كهربائية كانت عند الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق تربة 15 سم بعد الحراثة وعند الحراثة بالمحراث الحفار عند عمق تربة 30 سم نهاية موسم النمو بلغت 10.57 و 11.00 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. وهذا يعود الى ان للمحراث القرصي القابلية على العمل في الرطوبات العالية وقلب التربة جزئياً مما يترك ملوحة التربة المغسولة أسفل سطح التربة عند الرطوبة 28% مقارنة بالمحراث الحفار الذي يعمل على تفكيك التربة بدون قلبها وبالتالي يترك الاملاح فوق سطح التربة عند الحالة الجافة (7%) لكون التربة لم تروى عند الحراثة.

جدول (41) تأثير التداخل ما بين نوع المحراث وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

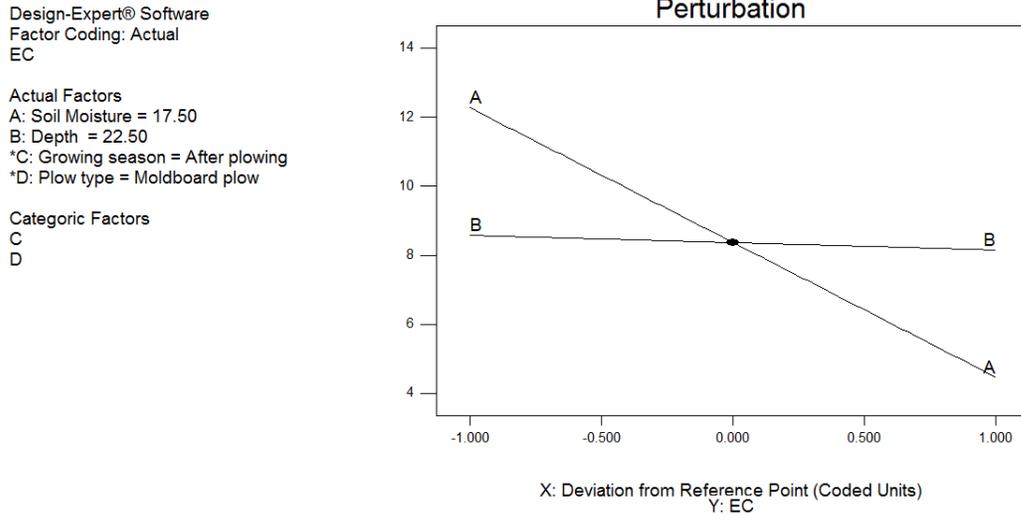
| نوع المحراث | بعد الحراثة |            | نهاية الموسم |            |
|-------------|-------------|------------|--------------|------------|
|             | عمق التربة  | عمق التربة | عمق التربة   | عمق التربة |
|             | 30          | 15         | 30           | 15         |
| MB          | 8.56        | 7.99       | 7.3          | 8.56       |
| CH          | 10.57       | 10.34      | 8.45         | 11.00      |
| DP          | 7.05        | 7.52       | 6.35         | 7.42       |
| RLSD        | 0.98        |            | 1.62         |            |

يلاحظ ان للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة تأثير غير معنوي في الايصالية الكهربائية للتربة عند بداية ونهاية موسم النمو، بينما كان للتداخل تأثير معنوي في الايصالية الكهربائية بعد الحراثة (ملحق 16 و 17 و 18)، اذ يلاحظ من الجدول 42 ان معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 28% عند عمق تربة 30 سم اعطى اقل ايصالية كهربائية للتربة بلغت 3.12 ديسيمنز م<sup>-1</sup>، بينما اعلى ايصالية كهربائية للتربة كانت عند الحراثة بالمحراث الحفار عند رطوبة تربة 7% عند عمق تربة 30 سم بلغت 17.19 ديسيمنز م<sup>-1</sup>. ويعزى ذلك الى تأثير كل من رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في الايصالية الكهربائية للتربة.

جدول (42) تأثير التداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق التربة في الايصالية الكهربائية للتربة (ديسيمنز م<sup>-1</sup>)

| بعد الحراثة                  |       |       |       |        |       |                  |
|------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|------------------|
| نوع المحراث وعمق التربة (سم) |       |       |       |        |       |                  |
| DP                           |       | CH    |       | MB     |       | رطوبة التربة (%) |
| 30                           | 15    | 30    | 15    | 30     | 15    |                  |
| 11.89                        | 10.41 | 17.19 | 16.25 | 12.53  | 11.55 | 7                |
| 8.56                         | 7.96  | 10.78 | 7.10  | 726.00 | 10.24 | 14               |
| 6.51                         | 6.19  | 7.76  | 11.24 | 8.35   | 7.42  | 22               |
| 3.12                         | 3.62  | 5.63  | 7.69  | 3.82   | 5.04  | 28               |
| 1.79                         |       |       |       |        |       | RLSD             |

يلاحظ من الشكل 156 الذي يبين تأثير عوامل الدراسة في الايصالية الكهربائية للتربة، ان العامل الأكثر تأثيراً في الايصالية الكهربائية للتربة هو رطوبة التربة عند الحراثة اذ تؤثر بنسبة 32% بينما يؤثر عمق التربة بنسبة 12%.

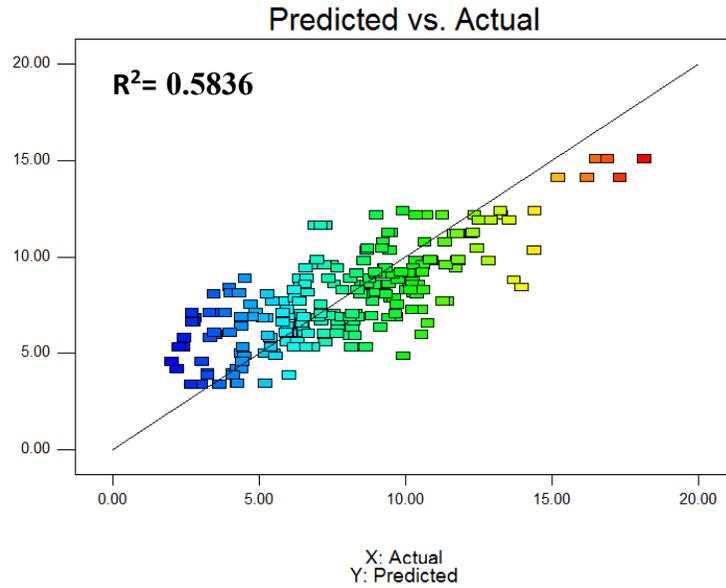


شكل (156) الاهمية النسبية لعوامل الدراسة (رطوبة التربة، وعمق التربة) على الايصالية الكهربائية للتربة

ولإيجاد العلاقة ما بين القيم المتنبئ بها والقيم المحسوبة حقلياً للإيصالية الكهربائية للتربة تم استخدام برنامج Design Expert، اذ يبين الشكل 157 تحليل الانحدار للإيصالية الكهربائية للتربة بتأثير عوامل الدراسة المختلفة، اذ وجد ان انتشار البيانات منتظم، اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.5836$  وهذا يدل على ان النموذج الرياضي يتمتع بمتانة جيدة ويمكن تطبيقه بكفاءة أفضل للتنبؤ بالإيصالية الكهربائية مقارنة بالنتائج الحقلية. ويوضح الجدول 43 النماذج الرياضية لكل محراث خلال فترات النمو للمحصول للتنبؤ بالإيصالية الكهربائية للتربة باختلاف الظروف الحقلية، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالإيصالية الكهربائية للتربة من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة وعمق التربة.

Design-Expert® Software  
EC

Color points by value of  
EC:



شكل (157) العلاقة بين الايصالية الكهربائية للتربة المقاسة حقليا والمتنبئ بها

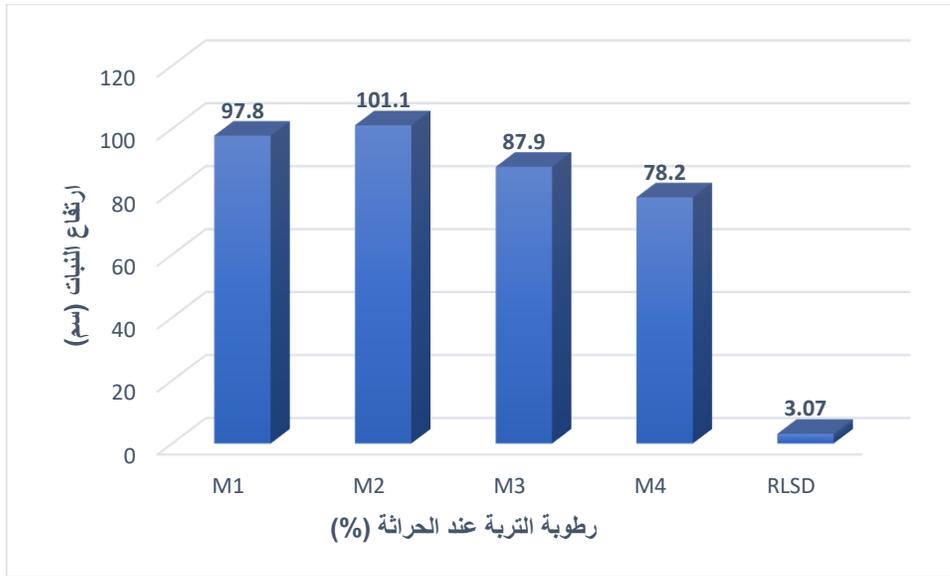
جدول (43) المعادلات التنبؤية بالإيصالية الكهربائية للتربة باختلاف نوع المحراث وفترات موسم النمو

| Growing season | Plow type      | Final Equation   |
|----------------|----------------|--|
| After plowing  | Moldboard plow | $EC = +13.93922 - 0.28194 * \text{Soil Moisture} + 0.041540 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Chisel plow    | $EC = +15.16393 - 0.29322 * \text{Soil Moisture} + 0.092781 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
|                | Disk plow      | $EC = +12.09170 - 0.25258 * \text{Soil Moisture} + 0.056374 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$ |
| Season start   | Moldboard plow | $EC = +1.78309 + 0.19594 * \text{Soil Moisture} + 0.14073 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$   |
|                | Chisel plow    | $EC = +2.19862 + 0.18466 * \text{Soil Moisture} + 0.19197 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$   |
|                | Disk plow      | $EC = -0.084021 + 0.22530 * \text{Soil Moisture} + 0.15556 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$  |
| Season End     | Moldboard plow | $EC = +1.68043 + 0.24247 * \text{Soil Moisture} + 0.15732 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$   |
|                | Chisel plow    | $EC = +2.51805 + 0.23120 * \text{Soil Moisture} + 0.20856 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$   |
|                | Disk plow      | $EC = -0.21710 + 0.27184 * \text{Soil Moisture} + 0.17215 * \text{Depth} - 3.99113E-003 * \text{Soil Moisture} * \text{Depth}$   |

### 3.4. صفات النبات Plant properties

#### 4. 3. 1. ارتفاع النبات Plant height

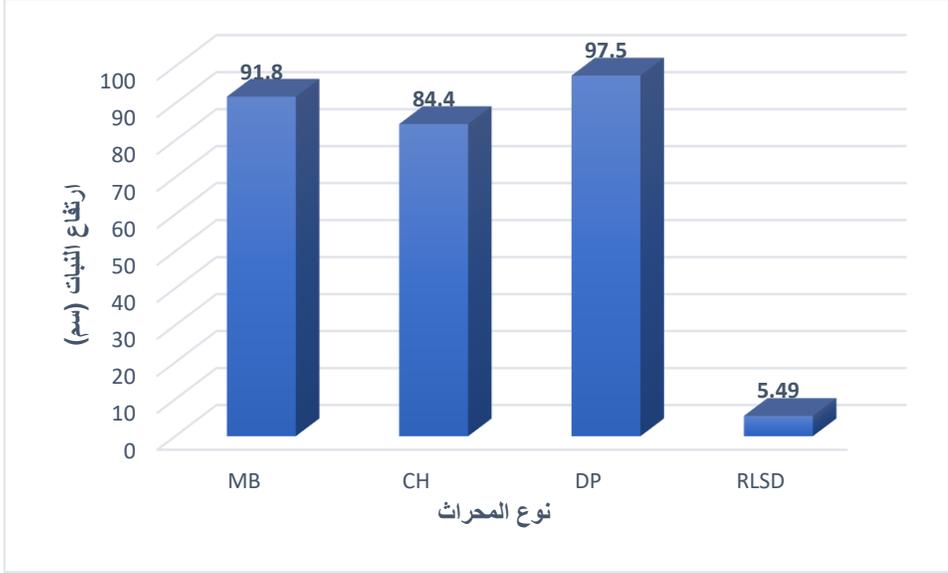
يلاحظ من بيانات التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 ان هناك تأثير عالي المعنوية لرتوية التربة عند الحراثة في صفة ارتفاع النبات لمحصول الحنطة، اذ يلاحظ من الشكل 158 ان رطوبة التربة 14% اعطت اعلى ارتفاع للنبات بلغ 101.1 سم، في حين اعطت رطوبة التربة 28% اقل ارتفاع للنبات بلغ 78.2 سم، اما رطوبة التربة 7 و22% اعطت ارتفاع نبات بلغ 97.8 و87.9 سم على التوالي. ويعلل سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى دور الرطوبة في تحسين قابلية التربة على التفكك اثناء الحراثة مما أدى الى تحسين خصائص التربة من كثافة ظاهرية ومسامية مما ساعد على تحسين انتشار الجذور وسهولة وصولها للماء والعناصر الغذائية في التربة فضلاً عن انخفاض الايصالية الكهربائية للتربة مقارنةً بالرطوبات الأخرى مما شجع على نمو النبات بصورة أفضل من دن اجهاد عالية بسبب تأثير ملوحة التربة. بينما أدت زيادة رطوبة التربة عند الحراثة الى كبس التربة نتيجة وزن الجرار والمحراث وزيادة التصاق التربة مما أدى الى تدهور خصائص التربة من كثافة ظاهرية ومسامية وهذا ينعكس سلباً على انتشار الجذور وبالتالي على نمو النبات وارتفاعه.



شكل (158) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في ارتفاع نبات الحنطة (سم)

وجد ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في ارتفاع نبات الحنطة، اذ يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 والشكل 159 الذي يبين تأثير نوع المحراث في ارتفاع النبات ان حراثة التربة

بالمحراث القرصي أعطت أعلى ارتفاع للنبات بلغ 97.5 سم وبفارق معنوي عن المحراث المطرحي والحفار إذ أعطيا ارتفاع نبات بلغ 91.8 و 84.4 سم. ويعزى سبب ذلك إلى دور المحراث القرصي في تفكيك التربة وتحسين خواصها وتوفير الظروف الملائمة لنمو النبات من تهوية ومسامية عالية مما ساعد على سهولة انتشار الجذور في التربة وسهولة امتصاص الماء والمغذيات من التربة وبالتالي انعكس هذا إيجاباً على زيادة ارتفاع النبات مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار اللذان سجلا خواص تربة أقل من المحراث القرصي.



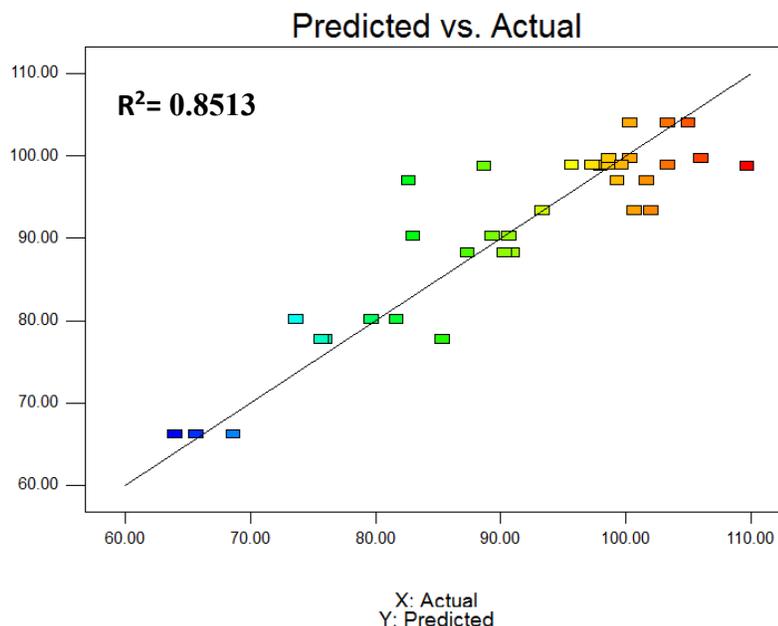
شكل (159) تأثير نوع المحراث في ارتفاع نبات الحنطة (سم)

يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في صفة ارتفاع النبات لمحصول الحنطة.

يبين الشكل 160 تحليل الانحدار لارتفاع نبات الحنطة تحت تأثير أنواع مختلفة من المحارث ومستويات رطوبة مختلفة عند الحراثة، إذ يلاحظ من الشكل ان معامل التحديد  $R^2 = 0.8513$  مما يدل على ان انتشار البيانات حول خط الانحدار كان منتظم وبالتالي فإن هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقلية. ويبين الجدول 44 المعادلات الرياضية لكل محراث للتنبؤ بارتفاع النبات باختلاف مستويات رطوبة التربة عند الحراثة، إذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بارتفاع نبات الحنطة من خلال ادخال رطوبة التربة عند الحراثة في المعادلة المقابلة لكل محراث.

Design-Expert® Software  
Height

Color points by value of  
Height:



شكل (160) العلاقة بين ارتفاع النبات المقاس حقليا والمتنبى به

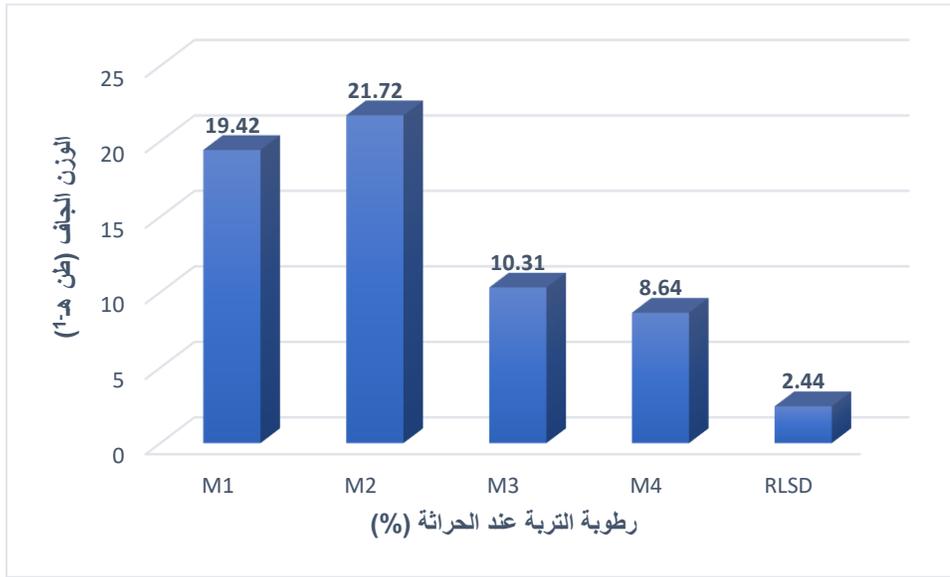
جدول (44) المعادلات التنبؤية بارتفاع نبات الحنطة لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type      | Final Equation  |
|----------------|---|
| Moldboard Plow | $\ln(\text{Height}) = +4.49581 + 0.020274 * \text{Mosture content} - 9.06619E-004 * \text{Mosture content}^2$ |
| Chisel Plow    | $\ln(\text{Height}) = +4.52458 + 0.013525 * \text{Mosture content} - 9.06619E-004 * \text{Mosture content}^2$ |
| Disk Plow      | $\ln(\text{Height}) = +4.45431 + 0.026323 * \text{Mosture content} - 9.06619E-004 * \text{Mosture content}^2$ |

#### 4. 3. 2. الوزن الجاف dry weight

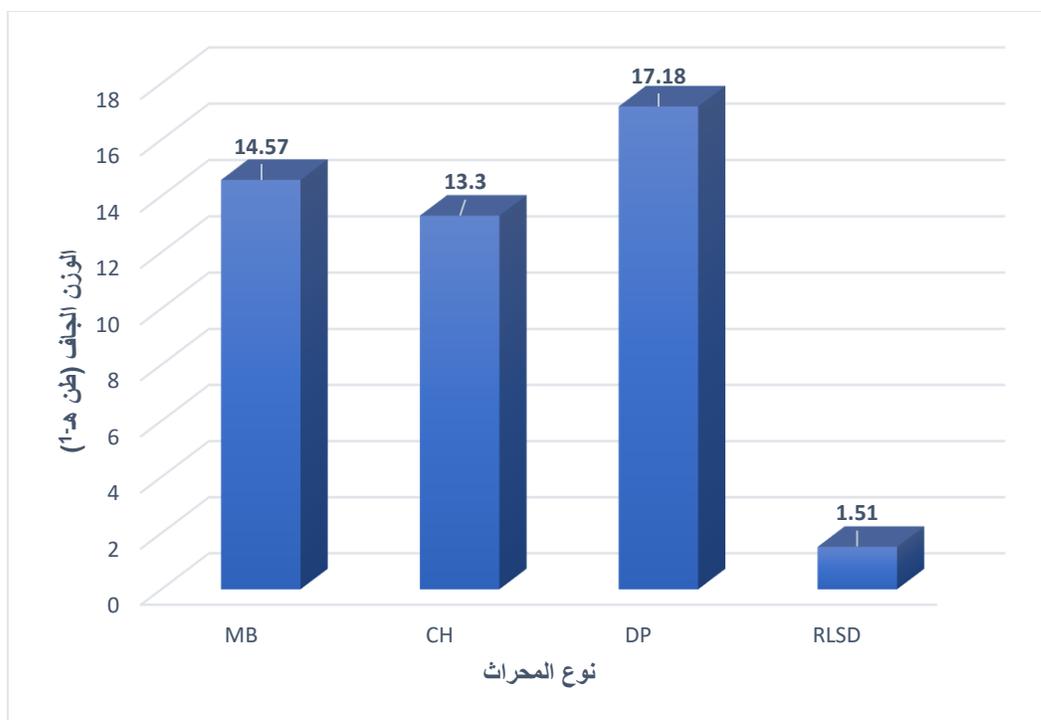
يبين الشكل 161 تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الوزن الجاف لمحصول الحنطة، إذ أظهرت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 20) ان لرطوبة التربة تأثير عالي المعنوية في الوزن الجاف، إذ تفوقت رطوبة التربة 14% معنوياً وبدون فارق معنوي مع رطوبة التربة 7% بأعطاء اعلى وزن جاف لمحصول

الحنطة بلغ 21.72 و 19.42 طن هـ<sup>1</sup> للرطوبتين على التوالي، في حين اعطت رطوبة التربة 28% اقل وزن جاف وبدون فارق معنوي مع رطوبة التربة 22% بلغ 8.64 و 10.31 طن هـ<sup>1</sup> على التوالي. ويعزى سبب تفوق الرطوبة 14% الى انخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية وانخفاض مقاومة التربة للاختراق والايصالية الكهربائية للتربة فضلاً عن زيادة ارتفاع النبات مما وفر بيئة ملائمة لنمو النبات وزيادة نموه وارتفاعه وبالتالي زيادة الوزن الجاف للمحصول في وحدة المساحة، في حين أدت زيادة رطوبة التربة عند 22 و 28% الى تأثير عكسي على خصائص التربة وبالتالي تأثيرها سلباً على نمو النبات وزيادة وزنه الجاف.



شكل (161) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في الوزن الجاف للحنطة (طن هـ-1)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 ان هناك تأثير عالي المعنوية لنوع المحراث في الوزن الجاف للمحصول، اذ يلاحظ من الشكل 162 ان حراثة التربة بالمحراث القرصي تفوقت معنوياً بأعطاء اعلى وزن جاف للمحصول بلغ 17.18 طن هـ<sup>1</sup>، بينما اعطت الحراثة بالمحراث الحفار اقل وزن جاف بلغ 13.30 طن هـ<sup>1</sup> وبدون فارق معنوي مع الحراثة بالمحراث المطرحي التي اعطت وزن جاف بلغ 14.57 طن هـ<sup>1</sup>. ويعزى سبب ذلك الى تأثير الحراثة بالمحراث القرصي التي أدت الى زيادة ارتفاع النبات نتيجة زيادة قابلية النبات على انتشار الجذور العائد الى انخفاض مقاومة التربة للاختراق وانخفاض الكثافة الظاهرية وزيادة المسامية وبالتالي زيادة نمو المحصول وزيادة وزنه الجاف، بينما أدت الحراثة بالمحراث الحفار الى تسجيل كثافة ظاهرية ومقاومة اختراق اعلى ومسامية اقل من المحراث القرصي وبالتالي هذا يؤثر على نمو النبات من خلال تأثيره على انتشار الجذور وامتصاص العناصر الغذائية.



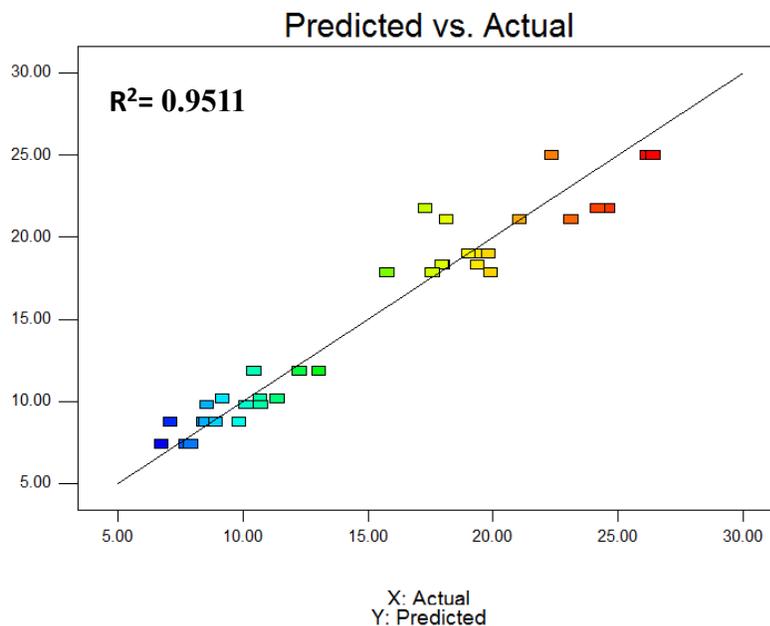
شكل (162) تأثير نوع المحراث في الوزن الجاف للحنطة (طن هـ-1)

بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 انه لم يكن هناك تأثير معنوي للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث في صفة الوزن الجاف لمحصول الحنطة.

ان انتشار بيانات الوزن الجاف حول خط الانحدار كان متقارب اذ يلاحظ من الشكل 163 الذي يبين تحليل الانحدار للوزن الجاف للحنطة تحت تأثير المحاريت ومستويات رطوبة مختلفة عند الحراثة، اذ وجد ان معامل التحديد بلغ  $R^2 = 0.9511$  وهذا نتيجة انتشار البيانات حول خط الانحدار بشكل منتظم وبالتالي يمكن تطبيق هذا النموذج بكفاءة عالية للتنبؤ بالوزن الجاف لمحصول الحنطة مقارنة بالبيانات الحقلية. ويمكن التنبؤ بالوزن الجاف من المعادلات الرياضية في الجدول 45 لكل محراث باختلاف مستويات رطوبة التربة عند الحراثة، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بالوزن الجاف من خلال ادخال رطوبة التربة عند الحراثة في المعادلة المقابلة لكل محراث.

Design-Expert® Software  
Green yield

Color points by value of  
Green yield:



شكل (163) العلاقة بين الوزن الجاف المقاس والمتنبئ به

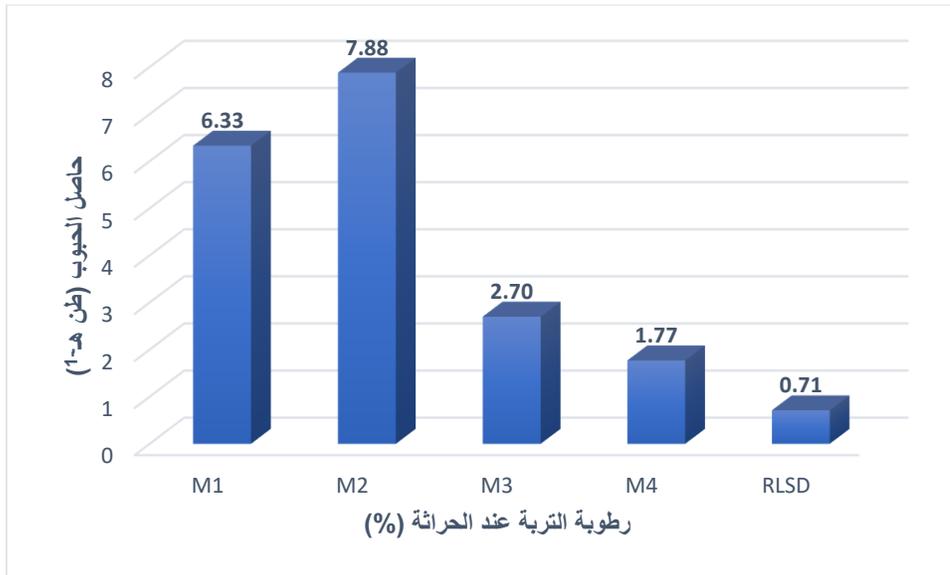
جدول (45) المعادلات التنبؤية بالوزن الجاف لأنواع مختلفة من المحاريث

| Plow Type             | Final Equation   |
|-----------------------|--|
| <b>Moldboard Plow</b> | $\text{Ln}(\text{Green yield}) = +0.80920 + 0.49591 * \text{Mosture content} - 0.032021 * \text{Mosture content}^2 + 5.72816\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |
| <b>Chisel Plow</b>    | $\text{Ln}(\text{Green yield}) = +0.88949 + 0.47834 * \text{Mosture content} - 0.031709 * \text{Mosture content}^2 + 5.72816\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |
| <b>Disk Plow</b>      | $\text{Ln}(\text{Green yield}) = +0.95922 + 0.50020 * \text{Mosture content} - 0.032218 * \text{Mosture content}^2 + 5.72816\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |

#### 4.3.3. حاصل الحبوب Grain yield

ان لرطوبة التربة عند الحراثة دور في زيادة إنتاجية محصول الحنطة اذ بينت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 ان لرطوبة التربة عند الحراثة تأثير عالي المعنوية في حاصل الحبوب لمحصول الحنطة، اذ يلاحظ من الشكل 164 ان رطوبة التربة 14% تفوقت معنوياً بأعطاء اعلى حاصل للحبوب بلغ 7.88 طن هـ<sup>-1</sup>، وسجلت رطوبة التربة 28% اقل حاصل للحبوب بلغ 1.77 طن هـ<sup>-1</sup>، في حين اعطت

رطوبة التربة 7 و22% حاصل حبوب بلغ 6.33 و2.70 طن هـ<sup>-1</sup>. ويعود سبب تفوق الرطوبة 14% الى تحسن خواص التربة الفيزيائية والكيميائية المقاسة مما ساعد على زيادة قابلية النبات على امتصاص الماء والمغذيات من التربة نتيجة زيادة انتشار الجذور فضلاً عن زيادة ارتفاع النبات والحاصل الخضري للمحصول مما أدى الى زيادة حاصل الحبوب للحنطة مقارنة برطوبة التربة 28% التي أدت الى خفض حاصل الحبوب نتيجة تدهور خواص التربة وانخفاض ارتفاع النبات والوزن الجاف.



شكل (164) تأثير رطوبة التربة عند الحراثة في حاصل حبوب الحنطة (طن هـ-1)

اوضحت نتائج التحليل الاحصائي لاختبار F في الملحق 20 ان لنوع المحراث تأثير عالي المعنوية في حاصل الحبوب لمحصول الحنطة، اذ يلاحظ من الشكل 165 ان الحراثة بالمحراث القرصي تفوقت معنوياً بأعطاء اعلى حاصل للحبوب بلغ 5.42 طن هـ<sup>-1</sup>، واقل حاصل لحبوب الحنطة كان عند الحراثة بالمحراث الحفار وبدون فارق معنوي مع الحراثة بالمحراث المطرحي بلغ 4.08 و4.51 طن هـ<sup>-1</sup> على التوالي. ويعود سبب تفوق المحراث القرصي في صفة حاصل الحبوب الى تفوقه بمعظم صفات التربة المقاسة والتي لها تأثير في توفير الظروف الملائمة لنمو النبات مما ساعد على زيادة نمو المحصول وزيادة حاصل الحبوب عند الحراثة بالمحراث القرصي، في حين أعطت الحراثة بالمحراث الحفار والمحراث المطرحي قيم لصفات التربة اقل من المحراث القرصي فضلاً عن انخفاض ارتفاع النبات والوزن الجاف مقارنةً بالمحراث القرصي مما انعكس ذلك على خفض حاصل الحبوب عند الحراثة بالمحراث الحفار والمطرحي.



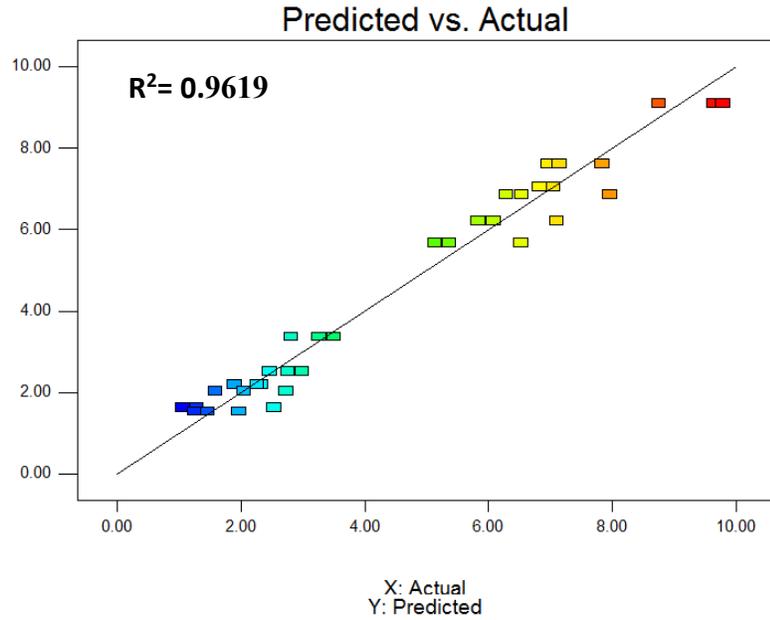
شكل (165) تأثير نوع المحراث في حاصل حبوب الحنطة (طن هـ-1)

في حين يلاحظ من جدول التحليل الاحصائي لاختبار F (ملحق 20) انه لم يكن للتداخل ما بين رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث تأثير معنوي في حاصل حبوب الحنطة.

يوضح الشكل 166 العلاقة بين حاصل حبوب الحنطة المتنبئ به والمحسوب، اذ يبين تحليل الانحدار للحاصل تحت تأثير نوع المحراث ورطوبة التربة عند الحراثة، اذ يلاحظ ان انتشار البيانات كان بشكل قريب حول خط الانحدار وتقارب كبير للبيانات وبدقة عالية ما بين القيم اذ بلغ معامل التحديد  $R^2 = 0.9619$  مما يدل على ان هذا النموذج يتمتع بمتانة عالية ويمكن تطبيقه بكفاءة عالية مقارنة بالبيانات الحقيقية. ويمكن التنبؤ بحاصل الحبوب من خلال معادلات رياضية تم الحصول عليها من تحليل البيانات من الجدول 46 لكل محراث باختلاف رطوبة التربة عند الحراثة، اذ يمكن من خلال هذه المعادلات التنبؤ بحاصل الحبوب من خلال ادخال المتغيرات من رطوبة التربة عند الحراثة.

Design-Expert® Software  
Yield

Color points by value of  
Yield:



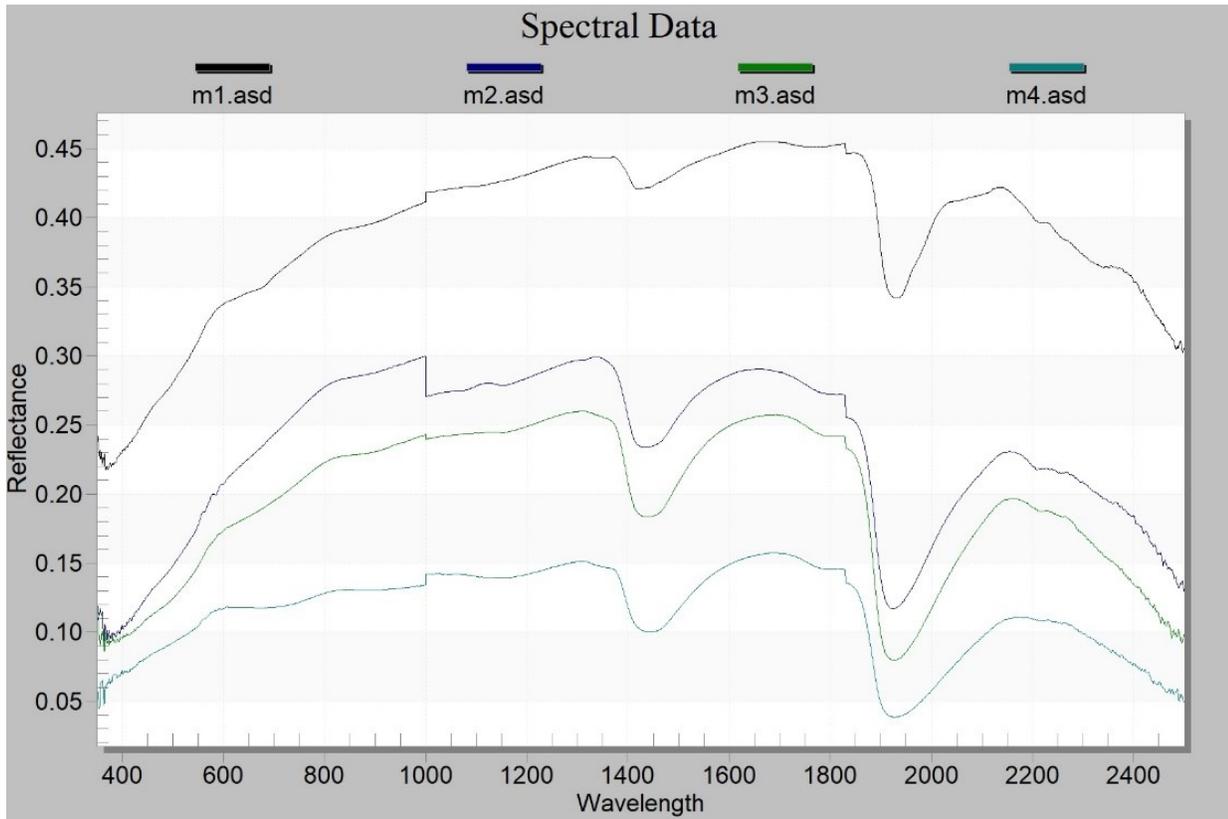
شكل (166) العلاقة بين حاصل الحبوب المقاس والمتنبئ به

جدول (46) المعادلات التنبؤية بحاصل حبوب الحنطة لأنواع مختلفة من المحارث

| Plow Type      | Final Equation   |
|----------------|--|
| Moldboard Plow | $\text{Sqrt}(\text{Yield}) = -0.92442 + 0.80240 * \text{Mosture content} - 0.051178 * \text{Mosture content}^2 + 9.04663\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |
| Chisel Plow    | $\text{Sqrt}(\text{Yield}) = -0.95173 + 0.78629 * \text{Mosture content} - 0.050618 * \text{Mosture content}^2 + 9.04663\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |
| Disk Plow      | $\text{Sqrt}(\text{Yield}) = -0.95990 + 0.83754 * \text{Mosture content} - 0.052197 * \text{Mosture content}^2 + 9.04663\text{E-}004 * \text{Mosture content}^3$ |

#### 4.4. البصمة الطيفية باستخدام جهاز SpectroRadiometer

استخدم جهاز SpectroRadiometer لقياس انعكاس المستويات الرطوبة للتربة لربط خصائص التربة الأولية التي لها علاقة بعملية الحراثة مع باندات المرئيات الفضائية والشكل 167 يوضح العلاقة بين الانعكاس والطول الموجي لمعرفة انعكاس المستويات الرطوبة لكل طول موجي اذ يلاحظ ان اعلى انعكاس سجل عند رطوبة التربة 7% (M1) بلغ 0.455 عند طول موجي 1700 مايكرو ميتر ثم تلتها رطوبة التربة 14% (M2) بانعكاس 0.299 عند طول موجي 1330 مايكرو ميتر وعند رطوبة التربة 22% (M3) بلغ اعلى انعكاس 0.260 عند طول موجي 1300 مايكرو ميتر اما اقل انعكاس فبلغ 0.157 عند طول موجي 1700 مايكرو ميتر فكان عند رطوبة التربة 28% (M4) ويعلل سبب انخفاض الانعكاس بزيادة رطوبة التربة الى امتصاص الاشعة المنبعثة من الجهاز من قبل التربة نتيجة زيادة قتمة لون التربة مع زيادة الرطوبة مما يقلل من الاشعة المنعكسة بينما انخفاض الرطوبة يقلل من قتمة لون التربة وبالتالي زيادة انعكاس الاشعة من قبل سطح التربة.



شكل (167) البصمة الطيفية للمستويات الرطوبة باستخدام SpectroRadiometer

#### 4.5. علاقات الارتباط Correlations relationships

يوضح الجدول 47 علاقات الارتباط ما بين خصائص التربة عند الحراثة وباندات المرئيات الفضائية وقيم الانعكاس لجهاز SpectroRadiometer يلاحظ من الجدول ان قيم  $r$  لخصائص التربة عند الحراثة لم تكن معنوية مع باندات المرئية الفضائية ما عدا الكثافة الظاهرية والتماسك عند الباند 3 كان عالي المعنوية بينما كانت قيم  $r$  مع البصمة الطيفية للجهاز كانت عالية المعنوية لجميع خصائص التربة ما عدا الكثافة الظاهرية والتماسك كانت غير معنوية وهذا يدل على دقة البصمة الطيفية للجهاز وإمكانية ربطها مع خصائص التربة المدروسة بينما لم يكن للبانداات علاقة ارتباط مع خصائص التربة نتيجة بعد القمر الصناعي والعوامل الجوية مما يجعل من الصعب الحصول على بيانات طيفية دقيقة مقارنة بجهاز SpectroRadiometer وهذا يوفر إمكانية اخذ بصمة طيفية للتعرف على خصائص التربة الأولية المدروسة من خلال معرفة انعكاس كل مستوى رطوبي والخصائص المتعلقة به وبالتالي التنبؤ بمديات الخصائص الميكانيكية وخصائص التربة المدروسة خلال موسم النمو اعتماداً على البصمة الطيفية.

جدول (47) علاقات الارتباط لخصائص التربة مع البصمات الطيفية

| REFLECTANCE | $r$ للبانداات |        |        |        |          |        | خصائص التربة           |
|-------------|---------------|--------|--------|--------|----------|--------|------------------------|
|             | BAND7         | BAND6  | BAND5  | BAND4  | BAND3    | BAND2  |                        |
| -0.965**    | 0.104         | -0.042 | -0.04  | 0.432  | -0.233   | 0.099  | المحتوى الرطوبي        |
| 0.217       | 0.384         | 0.023  | -0.512 | 0.002  | -0.840** | -0.071 | الكثافة الظاهرية       |
| 0.977**     | 0.015         | 0.111  | -0.054 | -0.387 | 0.048    | -0.123 | مقاومة التربة للاختراق |
| 0.923**     | -0.117        | 0.186  | 0.23   | -0.315 | 0.325    | -0.008 | ملوحة التربة           |
| 0.203       | 0.408         | 0.042  | -0.522 | 0.002  | -0.834** | -0.109 | التماسك                |
| -0.882**    | 0.052         | -0.283 | -0.255 | 0.22   | -0.258   | -0.026 | الالتصاق               |

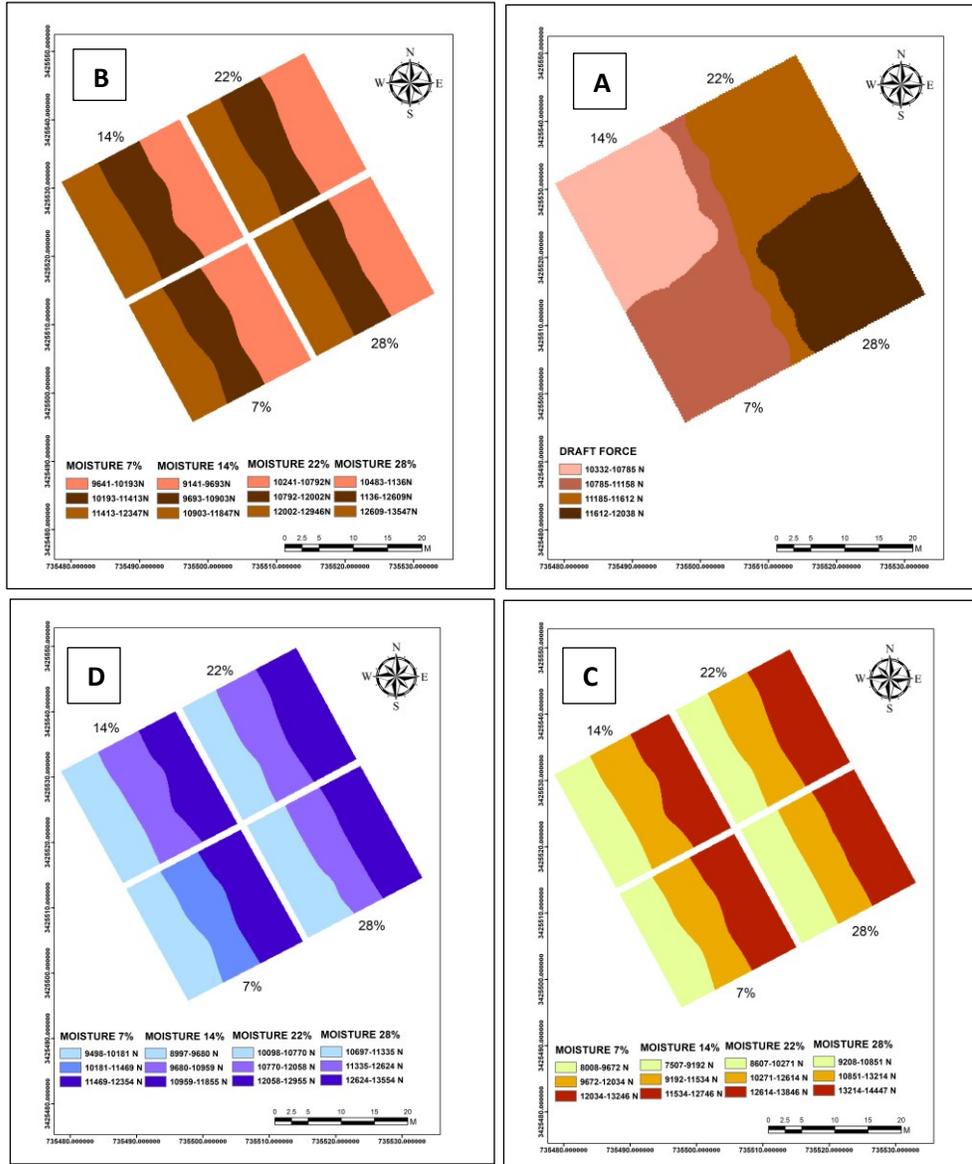
#### 4. 6. البيانات الجيومكانية Geometric data

#### 4. 6. 1. مؤشرات الأداء Performance indicators

#### 4. 6. 1. 1. قوة السحب Draft force

توفر التقانات الجيومكانية إمكانية التنبؤ وعرض مديات توزيع قوة السحب تحت تأثير عوامل التجربة اذ يبين الشكل 168 التوزيع المكاني لقيم قوة السحب تحت تأثير كل من مستويات رطوبة التربة عند الحرارة ونوع المحراث والسرعة الامامية للجرار وعمق الحراثة، اذ يلاحظ من الشكل A ان قوة السحب تأثرت برطوبة التربة اذ أعطت كل رطوبة من رطوبات التربة الداخلة في التجربة مدى معين من قوة السحب، اذ نلاحظ ان رطوبة التربة 14% أعطت اقل مدى لقوة السحب تراوح ما بين 10785-10332 نيوتن، ثم تلتها رطوبة التربة 7% بمدى تراوح ما بين 11185-10758 نيوتن، في حين اعطت رطوبة التربة 22% مدى قوة سحب تراوح ما بين 11612-11185 نيوتن، بينما أعطت رطوبة التربة 28% اعلى مدى لقوة السحب تراوح ما بين 12038-11612 نيوتن. يلاحظ من الشكل B الذي يبين توزيع قيم قوة السحب تحت تأثير ثلاث أنواع من المحارث (مطرحي وقرصي وحفار)، يلاحظ من الشكل ان هنالك توزيع متجانس لقوة السحب لكل محراث للمستويات الرطوبة الأربعة مما يوفر إمكانية التعرف على قوة السحب بتأثير هذه العوامل المتداخلة، اذ نلاحظ ان المحراث القرصي القلاب اعطى اقل مدى لقوة السحب والمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% المتمثلة بالمديات 10193-9641 و 9693-9141 و 10792-10241 و 10483-11336 نيوتن على التوالي، في حين اعطى المحراث المطرحي القلاب اعلى مدى لقوة السحب والمستويات الرطوبة الأربعة وتتمثل بالمديات 12347-11413 و 11847-10903 و 12946-12002 و 12609-13547 نيوتن على التوالي، بينما اعطى المحراث الحفار مدى متوسط ما بين المحراثين لقوة السحب. ان لعمق الحراثة دور كبير في التأثير على قوة السحب وتغيير توزيع قيمها بتغيير رطوبة التربة اذ يلاحظ من الشكل C ان توزيع قوة السحب كان متجانساً بتأثير عمق الحراثة، اذ اعطى العمق 15 سم اقل مدى لقوة السحب ولجميع المستويات الرطوبة الداخلة في التجربة وتمثلت بالمديات 9672-8008 و 9192-7507 و 10271-8607 و 10851-9208 نيوتن على التوالي، بينما ازداد مدى قوة السحب بزيادة عمق الحراثة الى 25 سم ليعطي اعلى قيم لقوة السحب وتمثلت بالمديات 13246-12034 و 12746-11534 و 13846-12614 و 14447-13214 نيوتن للأعماق على التوالي، بينما اعطى العمق 20 سم مدى متوسط لقوة السحب ما بين العمق 15 و 25 سم مما يعطي دليل على إمكانية التنبؤ بقوة السحب تحت تأثير أعماق مختلفة باستخدام التقانات الجيومكانية. كما يوضح الشكل D مديات توزيع قوة السحب بتأثير السرعة

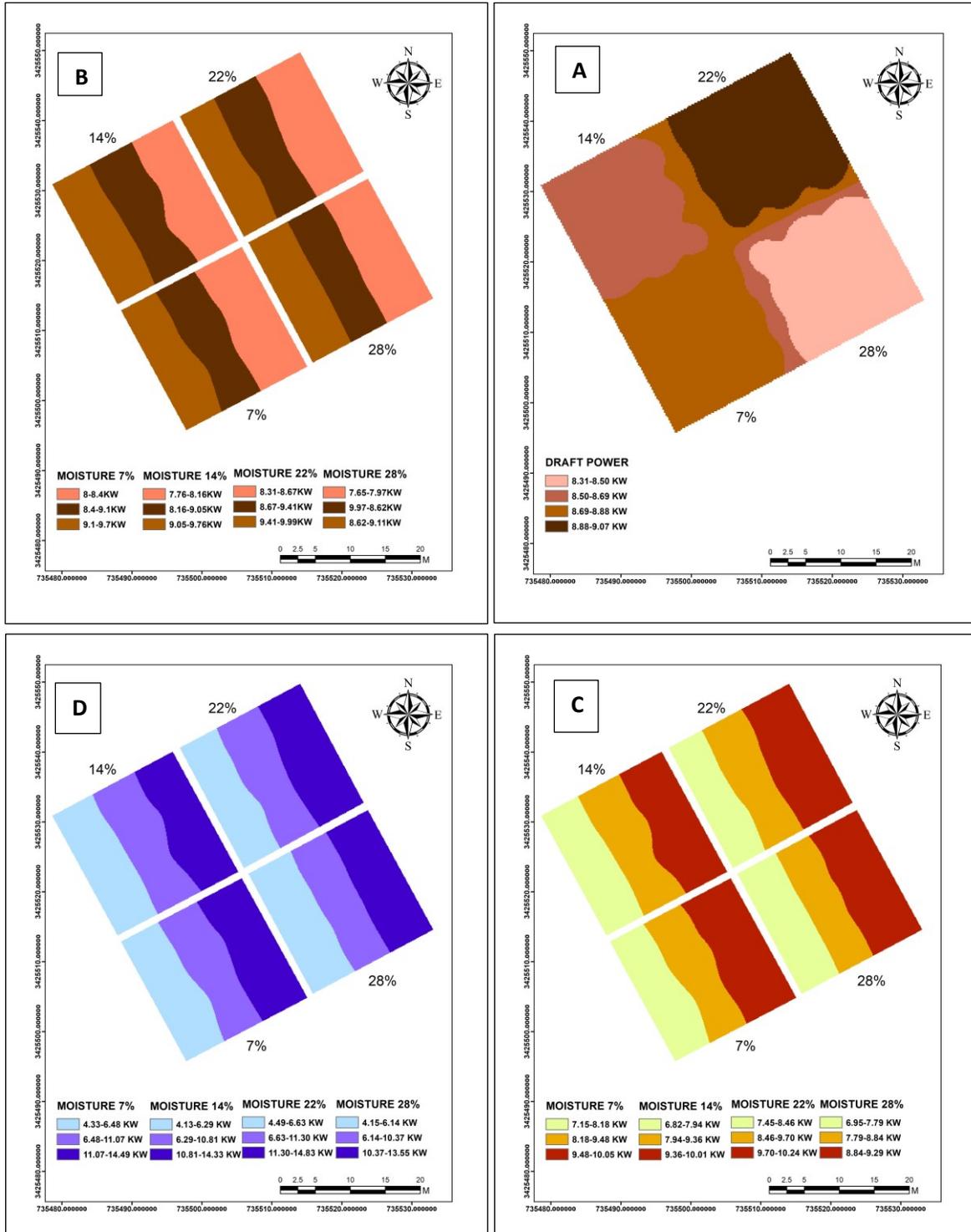
الامامية لعملية الحراثة وللمستويات الرطوبة الأربعة، اذ يلاحظ ان توزيع قوة السحب متجانس مع زيادة السرعة الامامية للجرار اذ اعطت السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> اقل مدى لقوة السحب وتمثل بالمدى 9498-10181 و 9680-8997 و 10770-10098 و 11335-10697 نيوتن للرطوبات على التوالي، في حين اعطت السرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى مدى لقوة السحب تمثلت بالمديات 12354-11469 و 10959-11855 و 11855 و 12955-12058 و 13554-12624 نيوتن للرطوبات على التوالي، في حين توزعت قيم قوة السحب للسرعة الامامية 3.06 كم ساعة<sup>1</sup> ما بين السرعة 1.83 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>.



شكل (168) التوزيع المكاني لقوة السحب بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 2. قدرة السحب Draft power

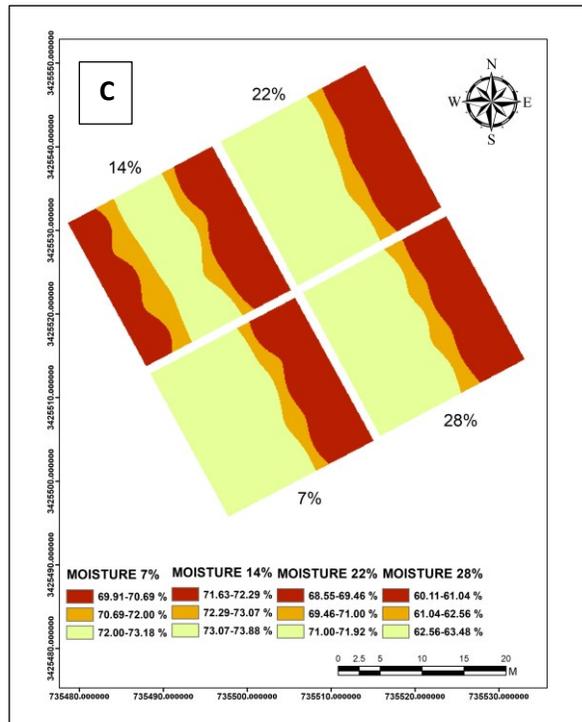
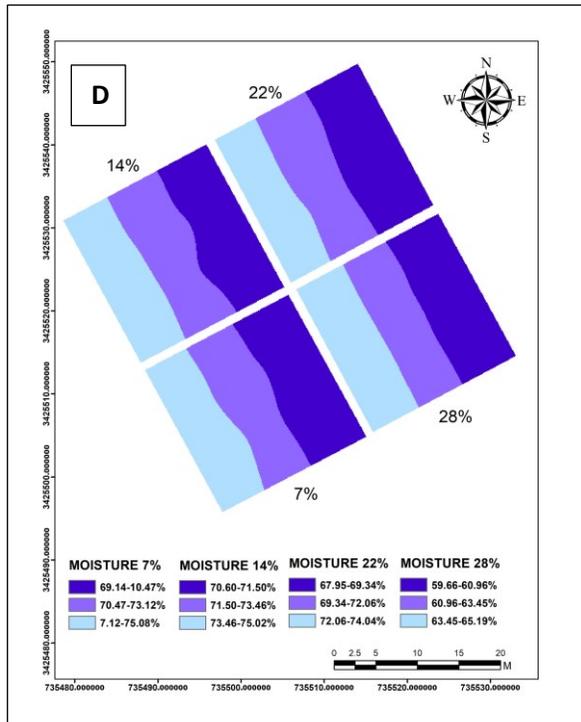
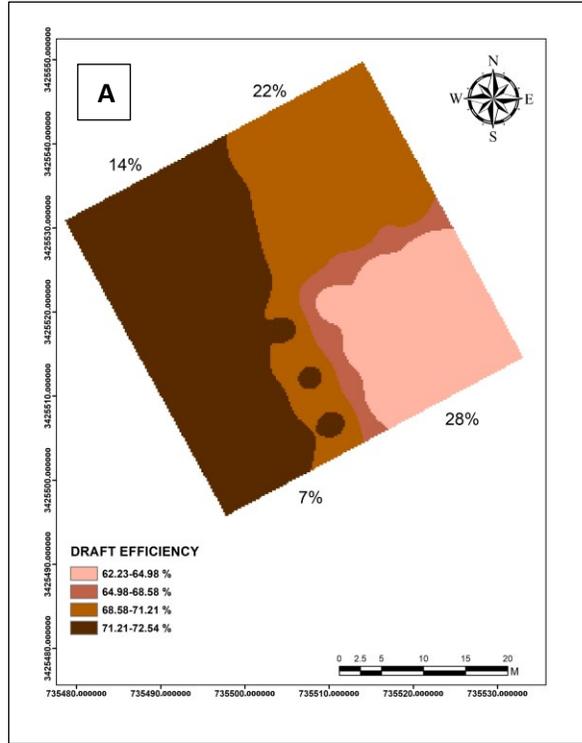
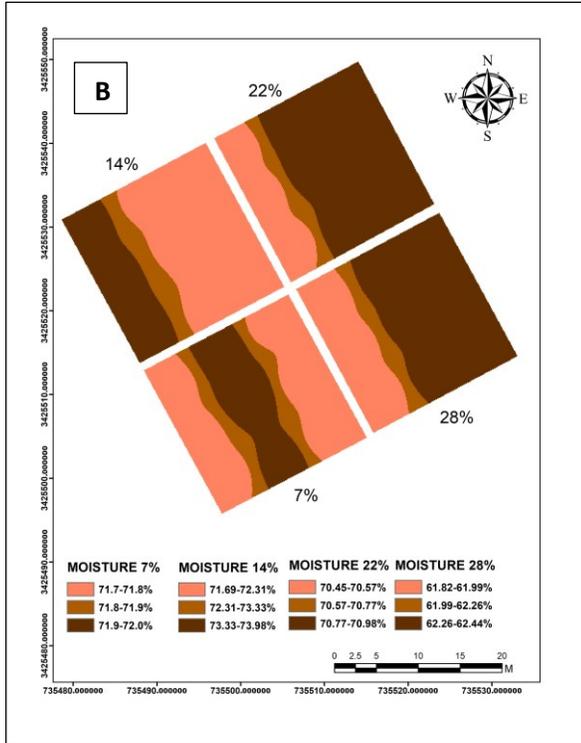
أعطت التقانات الجيومكانية إمكانية الحصول على توزيع مكاني متجانس لصفة قدرة السحب تحت تأثير المستويات الرطوبة عند الحراثة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، اذ يلاحظ من الشكل 169 الذي يوضح التوزيع المكاني لقدرة السحب تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة ان هنالك توزيع متجانس لقدرة السحب باختلاف رطوبة التربة (الشكل A) اذ يلاحظ ان رطوبة التربة 28% اعطت اقل مدى لقدرة السحب تراوح ما بين 8.31-8.50 كيلو واط لتليها رطوبة التربة 14% بمدى لقدرة سحب تراوح ما بين 8.50-8.69 كيلو واط ثم رطوبة التربة 7% بمدى تراوح ما بين 8.69-8.88 كيلو واط، في حين سجلت رطوبة التربة 22% اعلى مدى لقدرة السحب تراوح ما بين 8.88-9.07 كيلو واط. كما يلاحظ من الشكل B ان استخدام التقانات الجيومكانية أعطت توزيع مكاني واضح لقدرة السحب لأنواع المحارث الثلاثة المستخدمة في الدراسة اذ يلاحظ ان اقل قدرة سحب توزعت عند الحراثة بالمحراث القرصي القلاب ولجميع مستويات الرطوبة اذ تراوحت ما بين 8.0-8.4 و 7.76-8.16 و 8.31-8.67 و 7.65-7.97 كيلو واط لمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب اعلى مدى لقدرة السحب تراوحت ما بين 9.1-9.7 و 9.05-9.76 و 9.41-9.99 و 8.62-9.11 كيلو واط لمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، بينما اعطى المحراث الحفار مديات متوسطة ما بين المحراث القرصي والمحراث المطرحي القلاب. كما يوضح الشكل C التوزيع المكاني لقدرة السحب تحت تأثير أعماق الحراثة اذ يلاحظ ان العمق 15 سم اعطى اقل مدى لقدرة السحب تراوح ما بين 7.15-8.18 و 6.82-7.94 و 7.45-8.46 و 6.95-7.79 كيلو واط للمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، وأعطى العمق 25 سم اعلى مدى لقدرة السحب تراوح ما بين 9.48-10.05 و 9.36-10.01 و 9.70-10.24 و 8.84-9.29 كيلو واط للمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، في حين توزعت مديات قدرة السحب المتوسطة ما بين العمق 15 و 25 سم عند العمق 20 سم. ويلاحظ من الشكل D ان للسرعة الامامية دور في إعادة توزيع قيم قدرة السحب اذ يلاحظ ان اقل مدى لقدرة السحب كان عند السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بمدى تراوح ما بين 4.33-6.48 و 4.13-6.29 و 4.49-6.63 و 4.15-6.14 كيلو واط للمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، بينما أعطت الحراثة بسرعة امامية 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> اعلى قدرة سحب توزعت بالمدى 11.07-14.49 و 10.81-14.33 و 11.30-14.83 و 10.37-13.55 كيلو واط للمستويات الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، في حين أعطت السرعة 3.06 كم ساعة<sup>1</sup> مدى متوسط ما بين السرعة 1.83 و 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>.



شكل (169) التوزيع المكاني لقدرة السحب بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحرثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 3. كفاءة السحب Tractive efficiency

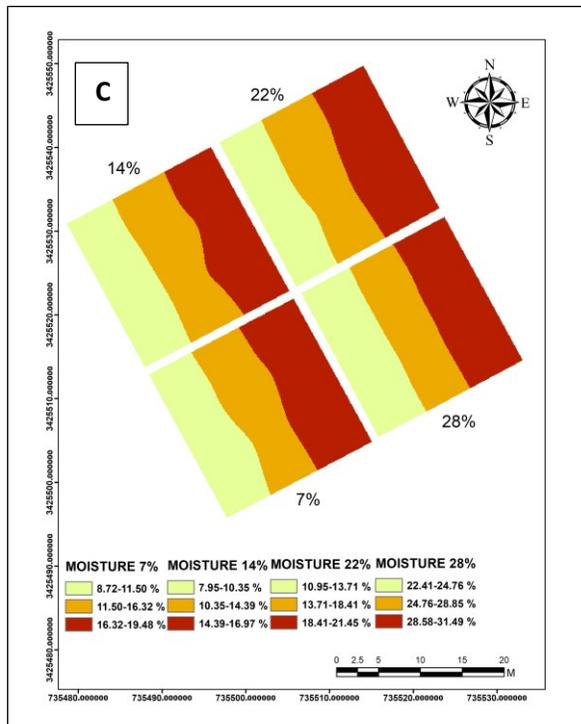
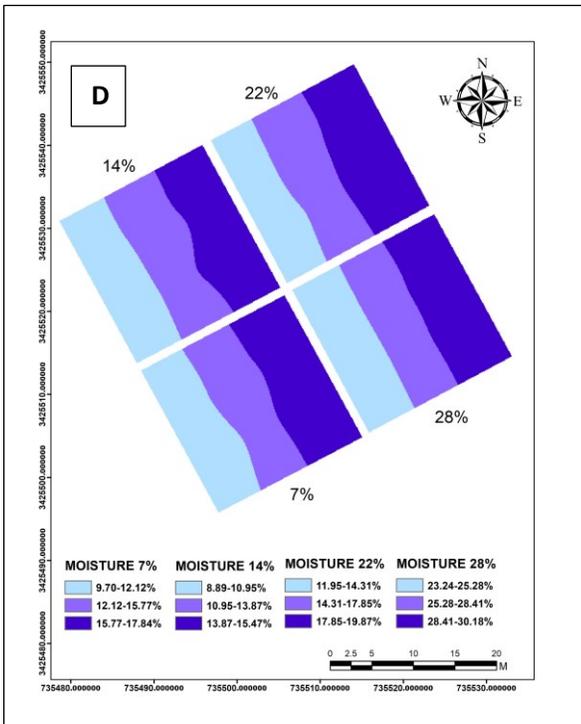
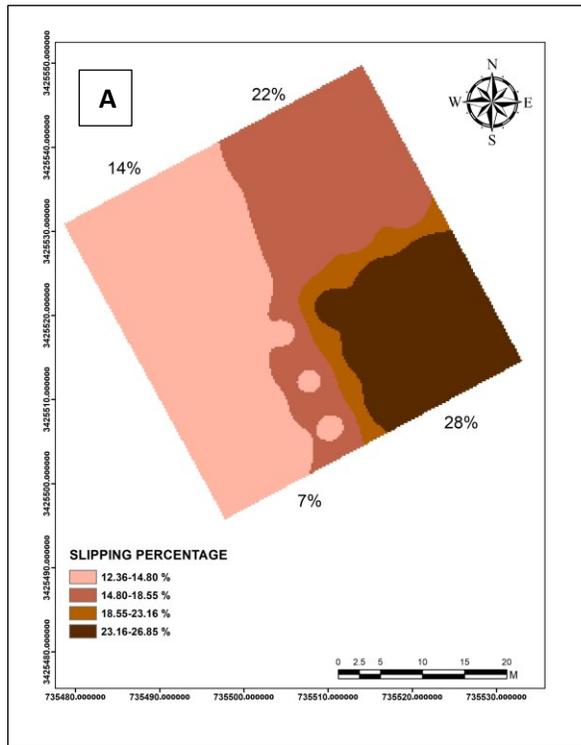
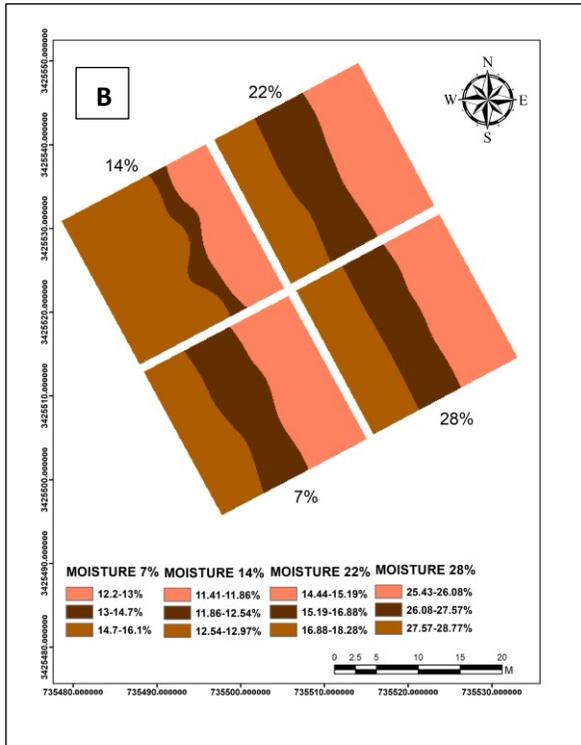
بينت نتائج التوزيع المكاني لكفاءة السحب في الشكل 170 ان هنالك تداخل لقيم كفاءة السحب ما بين المعاملات اذ يلاحظ من الشكل A ان كفاءة السحب تحت تأثير رطوبة التربة للرطوبتين 7 و14% توزعت على نفس المدى للرطوبتين اذ توزعت ضمن المدى 71.21-72.54% لتعطي اعلى كفاءة سحب ضمن هذه المنطقة بالرغم من وجود بعض القيم ضمن الرطوبة 7% أعطت قيم ضمن المدى 68.58-71.21%، بينما توزعت مديات كفاءة السحب القليلة 62.23-64.98% ضمن رطوبة التربة 28%. كما يلاحظ من الشكل B ان قيم كفاءة السحب المتفوقة توزعت ضمن منطقة الحراثة بالمحراث الحفار للرطوبة 7% بمدى تراوح ما بين 71.9-72.0% بينما توزعت كفاءة السحب ذات المدى 71.7-71.8 ضمن منطقة الحراثة بالمحراث القرصي والمطرحي القلاب. اما رطوبة التربة 14% فتوزعت فيها الكفاءة ذات المديات المرتفعة 73.33-73.98% ضمن منطقة الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب بينما توزعت الكفاءة ذات المدى 71.69-72.31% ضمن منطقة الحراثة بالمحراث القرصي والحفار. اما رطوبة التربة 22 و28% فتوزعت فيها كفاءة السحب المرتفعة ذات المديات 70.77-70.98% و62.26-62.44% ضمن منطقة الحراثة بالمحراث القرصي والحفار بينما توزعت مديات الكفاءة 70.45-70.57% و61.82-61.99% ضمن منطقة الحراثة بالمحراث المطرحي للرطوبات 22 و28% على التوالي. كما يلاحظ من الشكل C الذي يبين التوزيع المكاني لكفاءة السحب تحت تأثير أعماق الحراثة ان كفاءة السحب ذات المدى 69.91-70.69 و72.29-71.63 و69.46-68.55 و61.04-60.11% توزعت ضمن منطقة الحراثة بعمق 25 سم لتعطي اقل كفاءة سحب للرطوبات 7 و14 و22 و28% على التوالي، بينما توزعت كفاءة السحب 73.18-72.00 و71.92-71.00 و63.48-62.56% ضمن منطقة الحراثة بعمق 15 و20 سم للرطوبات 7 و22 و28% لتعطي اعلى قيم لكفاءة السحب مع وجود تداخل للكفاءة للعمق 20 سم ما بين القيم المتوسطة والمرتفعة للكفاءة، اما الرطوبة 14% فكانت المديات المرتفعة للكفاءة ضمن العمق 20 سم. اما تأثير السرعة الامامية فموضح في الشكل D اذ يلاحظ ان قيم الكفاءة المرتفعة المتمثلة بالمديات 73.12-75.08 و75.02-73.46 و74.04-72.06 و65.19-63.45% للرطوبات 7 و14 و22 و28% تمثلت بمناطق السرعة المنخفضة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup>، اما القيم المنخفضة لكفاءة السحب 69.14-70.47 و71.50-70.60 و69.34-67.95 و60.96-59.66% للرطوبات على التوالي فتمثلت بمناطق السرعة المرتفعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> اما السرعة 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup> فتوزعت بها مديات كفاءة السحب المتوسطة ما بين السرعة 1.83 و5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>.



شكل (170) التوزيع المكاني لكفاءة السحب بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 4. النسبة المئوية للانزلاق Slipping percentage

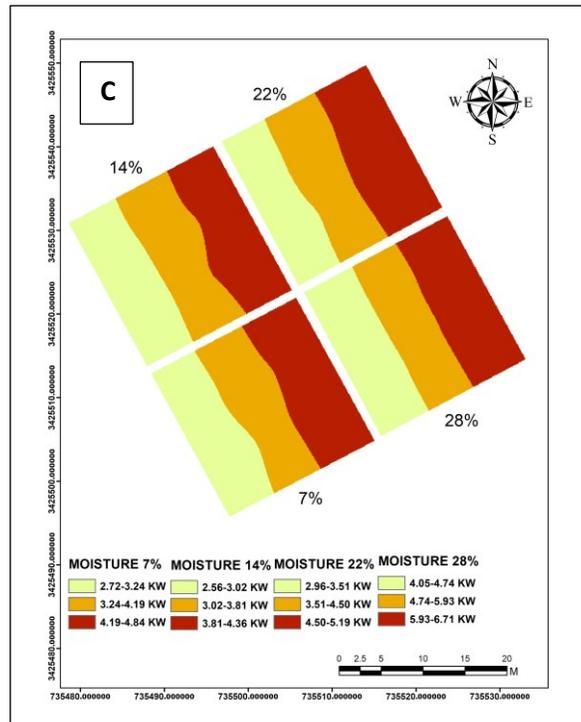
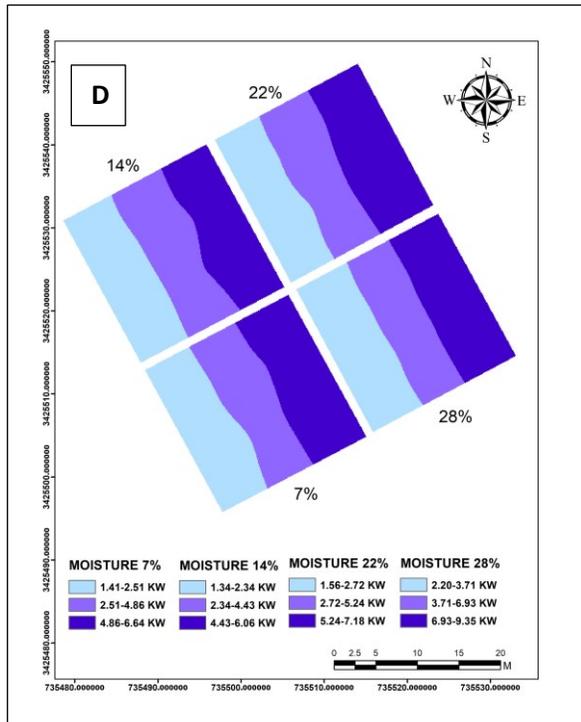
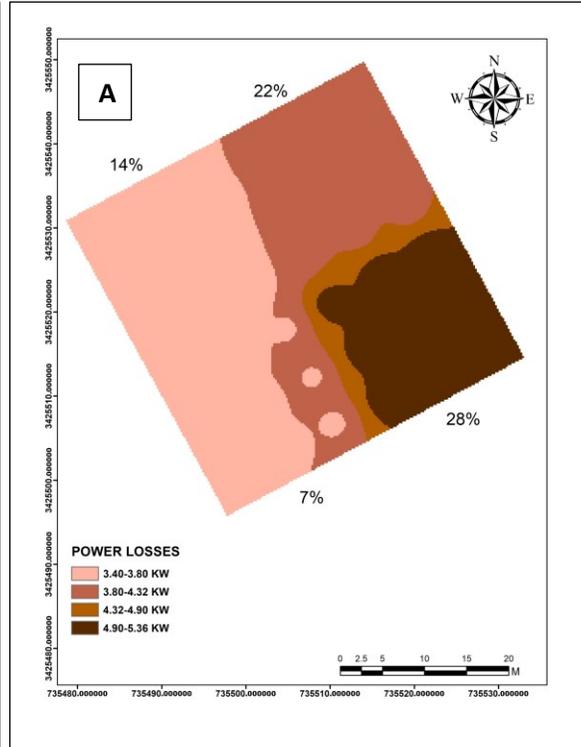
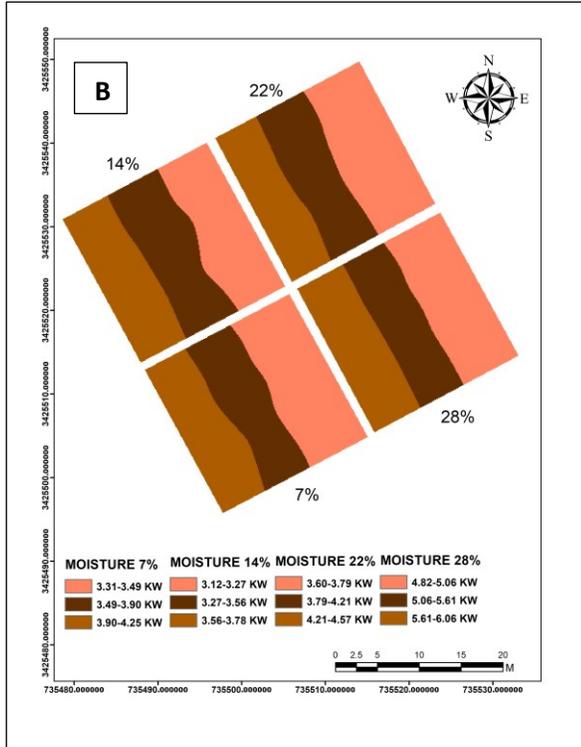
أظهرت نتائج استخدام التقانات الجيومكانية (شكل 171) إمكانية الحصول على توزيع مكاني لقيم الانزلاق باختلاف ظروف التجربة لمعرفة قيم الانزلاق لكل عامل من عوامل التجربة، اذ يلاحظ من الشكل A التوزيع المكاني للانزلاق تحت تأثير رطوبة التربة عند الحراثة اذ يلاحظ ان قيم الانزلاق المنخفضة ذات المدى 12.36-14.80% توزعت في الرطوبتين 7 و 14% مع وجود نسب للانزلاق 14.80-18.55% عند الرطوبة 7% بينما توزعت القيم المرتفعة للانزلاق ذات المدى 23.16-26.85% عند رطوبة التربة 28%، وتوزعت قيم الانزلاق ذات المدى 14.80-18.55% في منطقة الرطوبة 22%. ويلاحظ من الشكل B الذي يوضح التوزيع المكاني للانزلاق تحت تأثير المحارث المستخدمة في التجربة اذ يلاحظ ان مديات الانزلاق ذات القيم المنخفضة توزعت عند مناطق الحراثة بالمحراث القرصي القلاب وتمثلت بالمديات 12.2-13.0 و 11.41-11.86 و 14.44-15.19 و 25.43-26.08% للرطوبات 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي. في حين توزعت قيم الانزلاق المرتفعة ذات المديات 14.7-16.1 و 12.54-12.97 و 16.88-18.28 و 27.57-28.77% للرطوبات 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي في منطقة الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب، بينما القيم المتوسطة للانزلاق ما بين هذه القيم فتوزعت في منطقة الحراثة بالمحراث الحفار. كما يلاحظ من الشكل C الذي يبين توزيع قيم الانزلاق تحت تأثير أعماق الحراثة اذ يلاحظ ان القيم العليا للانزلاق ذات المديات 16.32-19.48 و 14.39-16.97 و 18.41-21.45 و 28.58-31.49% لرطوبات التربة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي توزعت عند مناطق الحراثة على عمق 25 سم في حين توزعت قيم الانزلاق المنخفضة في منطقة الحراثة بعمق 15 سم وتمثلت بالمديات 8.72-11.50 و 7.95-10.35 و 10.95-13.71 و 22.41-24.76% لرطوبات التربة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، بينما توزعت القيم المتوسطة للانزلاق عند مناطق الحراثة بعمق 20 سم وتمثلت بالمديات 11.50-16.32 و 10.35-14.39 و 13.71-18.41 و 24.76-28.85% للرطوبات الاربعة على التوالي. ويبين الشكل D التوزيع المكاني للانزلاق بتأثير السرعة الامامية للجرار اذ يلاحظ ان المديات المنخفضة للانزلاق توزعت في مناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بمديات 9.70-12.12 و 8.89-10.95 و 11.95-14.31 و 23.24-25.28% لرطوبات التربة الأربعة على التوالي، كما يلاحظ ان المديات المرتفعة للانزلاق توزعت في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> وتمثلت بالمديات 15.77-17.84 و 13.87-15.47 و 17.85-19.87 و 28.41-30.18% لرطوبات التربة على التوالي، في حين توزعت المديات المتوسطة للانزلاق في منطقة الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>1</sup>.



شكل (171) التوزيع المكاني للنسبة المئوية للانزلاق بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 5. القدرة المفقودة بالانزلاق power losses

يوضح الشكل 172 التوزيع المكاني للقدرة المفقودة بالانزلاق بتأثير كل من رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار اذ يلاحظ من الشكل A ان اعلى القيم للقدرة المفقودة توزعت في منطقة الرطوبة 28% وبمديات 4.90-5.36 كيلو واط بينما توزعت اقل قيم للقدرة المفقودة عند رطوبة التربة 7 و 14% بمدى 3.40-3.80 كيلو واط في حين تركز مدى القدرة المفقودة 3.80-4.32 كيلو واط في منطقة الرطوبة 22% وبعض مناطق الرطوبة 7%. كما يوضح الشكل B التوزيع المكاني للقدرة المفقودة بتأثير نوع المحراث اذ يلاحظ ان اعلى قيم للقدرة المفقودة توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب وبمديات 3.90-4.25 و 3.56-3.78 و 4.21-4.57 و 5.61-6.06 كيلو واط لرطوبات التربة الأربعة على التوالي، بينما توزعت اقل القيم للقدرة المفقودة في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي وبمديات 3.31-3.49 و 3.12-3.27 و 3.60-3.79 و 4.82-5.06 كيلو واط لرطوبات التربة الأربعة على التوالي، بينما توزعت قيم القدرة المفقودة المتوسطة في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار. ويلاحظ من الشكل C الذي يبين التوزيع المكاني للقدرة المفقودة بالانزلاق تحت تأثير عمق الحراثة اذ يلاحظ ان المديات المنخفضة للقدرة المفقودة توزعت بمناطق الحراثة بعمق 15 سم وتمثلت بالمديات 2.72-3.24 و 2.56-3.02 و 2.96-3.51 و 4.05-4.74 كيلو واط لرطوبات التربة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، بينما توزعت قيم القدرة المفقودة ذات المديات المرتفعة 4.19-4.84 و 3.81-4.36 و 4.50-5.19 و 5.93-6.71 كيلو واط لرطوبات التربة الأربعة على التوالي في مناطق الحراثة بعمق 25 سم، وتوزعت المديات المتوسطة للقدرة المفقودة في مناطق الحراثة بعمق 20 سم. كما يلاحظ من الشكل D الذي يوضح التوزيع المكاني للقدرة المفقودة بالانزلاق تحت تأثير السرعة الامامية للجرار اذ يبين ان القيم المنخفضة للقدرة المفقودة توزعت بمناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بمديات 1.41-2.51 و 1.34-2.34 و 1.56-2.72 و 2.2-3.71 كيلو واط لرطوبات التربة على التوالي، كما يلاحظ ان قيم القدرة المفقودة تزداد بزيادة السرعة لتتوزع القيم المرتفعة في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> بمديات 4.86-6.64 و 4.43-6.06 و 5.24-7.18 و 6.93-9.35 كيلو واط لرطوبات التربة على التوالي، وتوزعت القيم المتوسطة للقدرة المفقودة في مناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>1</sup>.



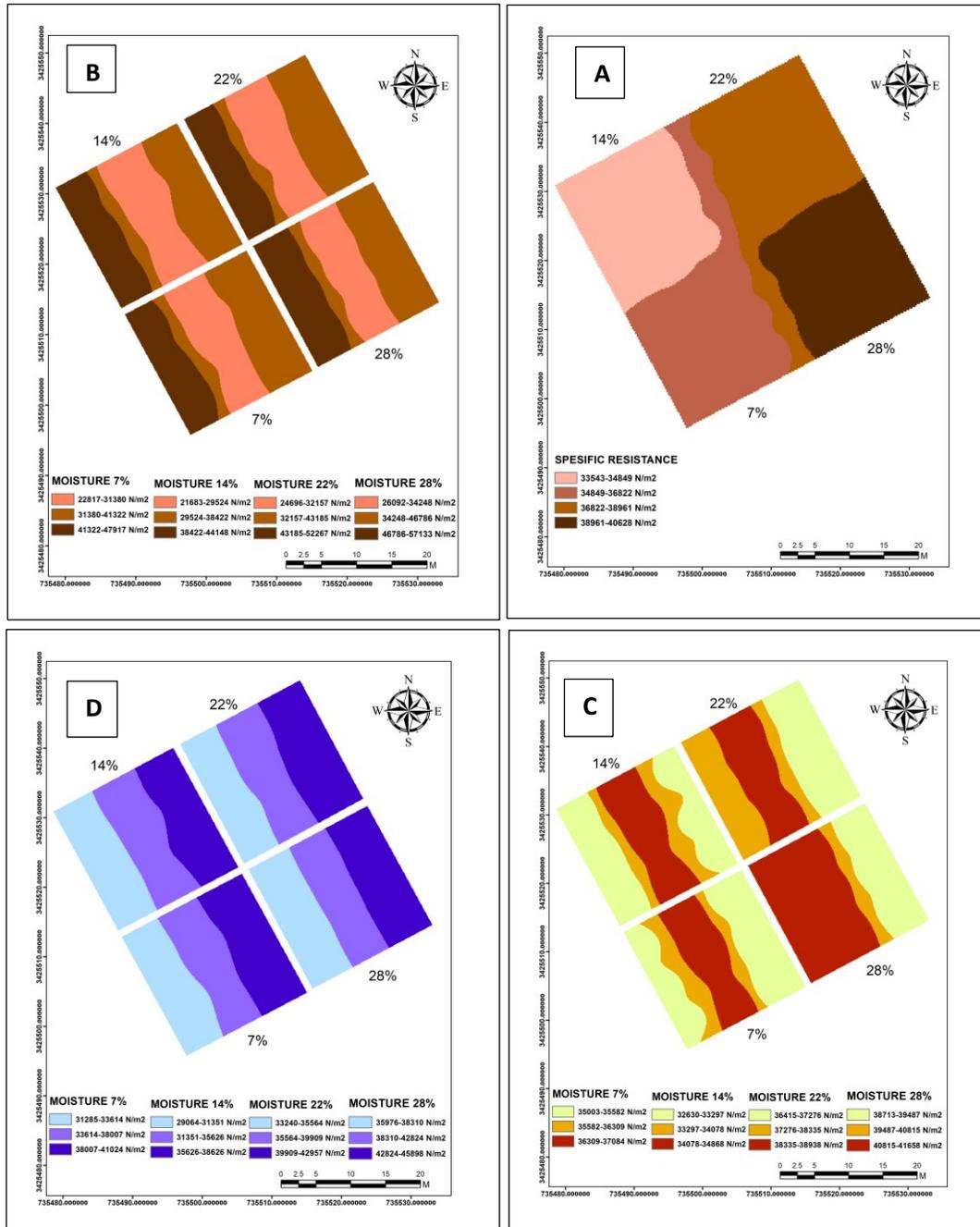
شكل (172) التوزيع المكاني للقدر المفقودة بالانزلاق بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 6. المقاومة النوعية Specific resistance

يبين الشكل 173 التوزيع المكاني للمقاومة النوعية تحت تأثير عوامل الدراسة المختلفة المتمثلة برطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، يلاحظ من الشكل A ان لرطوبة التربة تأثير في توزيع قيم المقاومة النوعية اذ يلاحظ ان قيم المقاومة النوعية المنخفضة ذات المدى 34849-33543 نيوتن م<sup>-2</sup> توزعت بمنطقة الرطوبة 14% بينما توزعت المقاومة النوعية ذات القيم المرتفعة بمدى 38961-40628 نيوتن م<sup>-2</sup> بمنطقة الرطوبة 28% بينما توزعت قيم المقاومة النوعية ذات المدى 36822-34849 و 38961-36822 نيوتن م<sup>-2</sup> في المنطقتين 7 و 22%. ويبين الشكل B التوزيع المكاني لقيم المقاومة النوعية تحت تأثير نوع المحراث اذ يلاحظ ان القيم المرتفعة للمقاومة النوعية توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب اذ بلغت المديات 47917-41322 و 44148-38422 و 52267-43185 و 57133-46786 نيوتن م<sup>-2</sup> للرطوبات على التوالي، كما يلاحظ ان المديات المنخفضة للمقاومة النوعية توزعت في منطقة الحراثة بالمحراث الحفار وتمثلت بالمديات 31380-22817 و 29524-21683 و 32157-24696 و 34248-26092 نيوتن م<sup>-2</sup> للرطوبات على التوالي، بينما تركزت القيم ذات المديات المتوسطة للمقاومة النوعية في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي. ويلاحظ من الشكل C التوزيع المكاني لقيم المقاومة النوعية تحت تأثير أعماق الحراثة اذ يلاحظ ان القيم المنخفضة للمقاومة النوعية المتمثلة بالمديات 35582-35003 و 33297-32630 و 37276-36415 و 39487-38713 نيوتن م<sup>-2</sup> لرطوبات التربة على التوالي توزعت في مناطق الحراثة بعمق 15 و 25 سم ما عدا رطوبة التربة 28 و 22% تركزت فيها هذه القيم في منطقة الحراثة على عمق 25 سم، اما القيم المرتفعة للمقاومة النوعية ذات المديات 36309-37084 و 34078-34868 و 38938-38335 و 41658-40.815 نيوتن م<sup>-2</sup> لرطوبات التربة الأربعة على التوالي فقد توزعت في مناطق الحراثة على عمق 20 سم ما عدا الرطوبة 28% فتركزت في مناطق الحراثة على عمق 15 و 20 سم، اما المديات المتوسطة لقيم المقاومة النوعية فتوزعت في منطقة الحراثة على عمق 15 سم عند رطوبة التربة 22% مع بعض المناطق المتداخلة مع الأعماق 15 و 25 للرطوبات الأخرى. ويوضح الشكل D التوزيع المكاني لقيم المقاومة النوعية تحت تأثير السرعة الامامية للجرار اذ يبين ان القيم المنخفضة للمقاومة النوعية توزعت في مناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> بمديات 31285-33614 و 31351-29064 و 35564-33240 و 38310-35976 نيوتن م<sup>-2</sup> لرطوبات التربة على التوالي، كما توزعت القيم المرتفعة للمقاومة النوعية في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup> بمديات 41024-38007 و 38626-35626 و 42957-39909 و 45898-42824 نيوتن م<sup>-2</sup> لرطوبات

التربة على التوالي، بينما توزعت قيم المقاومة النوعية المتوسطة في مناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة-

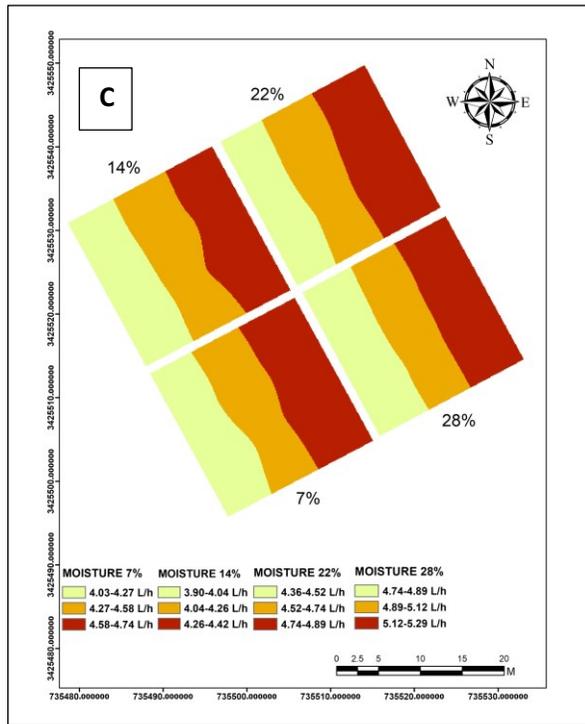
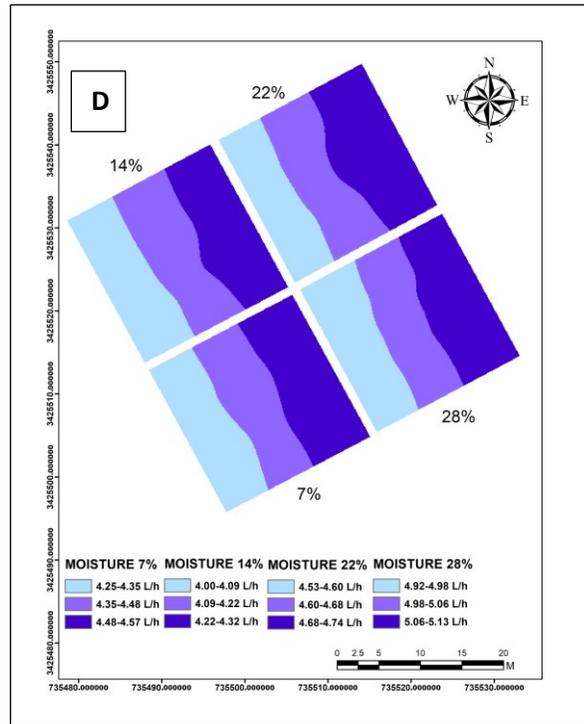
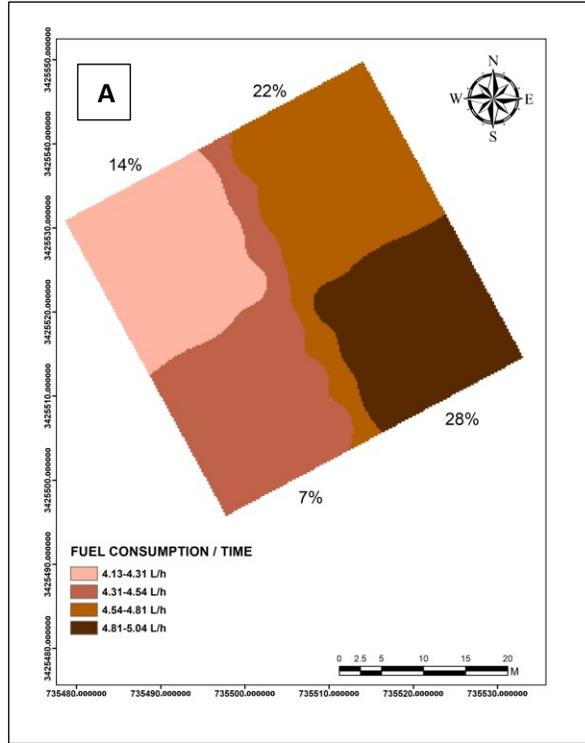
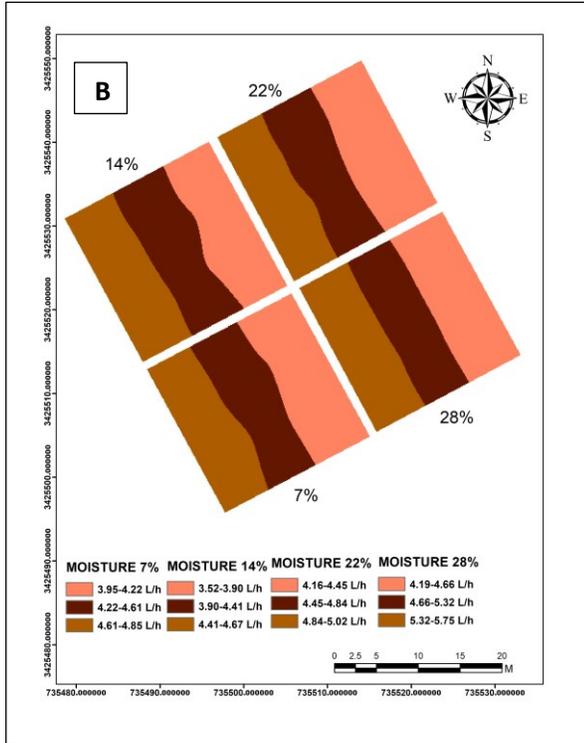
1.



شكل (173) التوزيع المكاني للمقاومة النوعية بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 7. استهلاك الوقود الزمني Fuel consumption per unit time

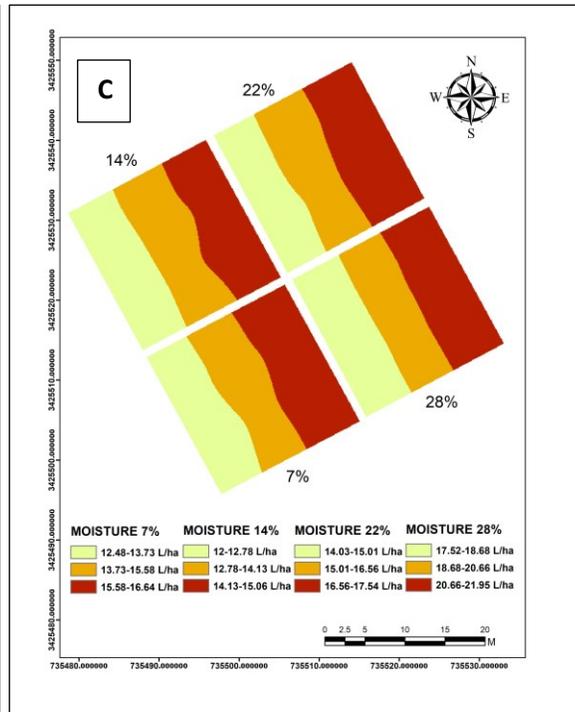
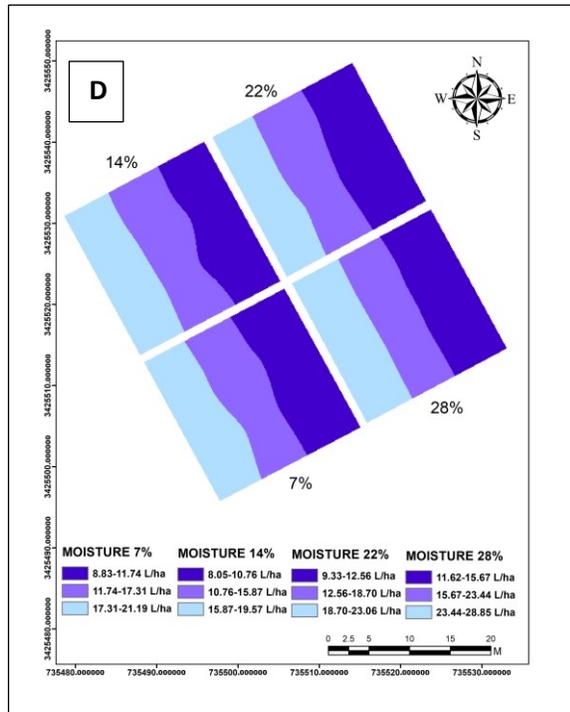
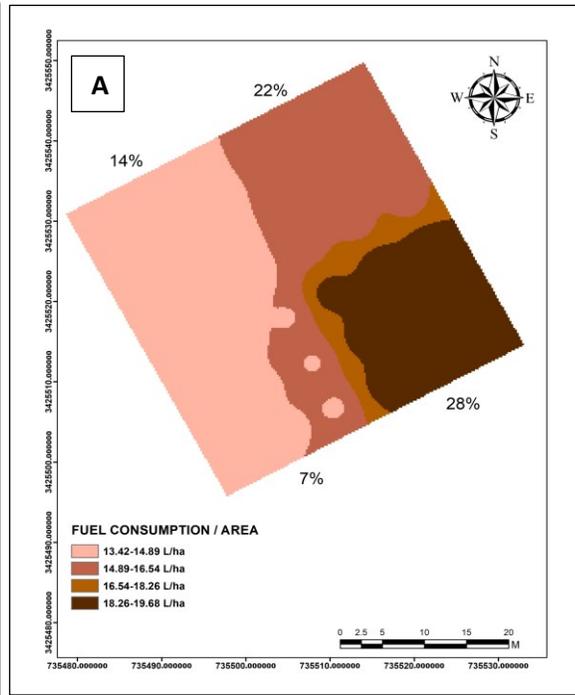
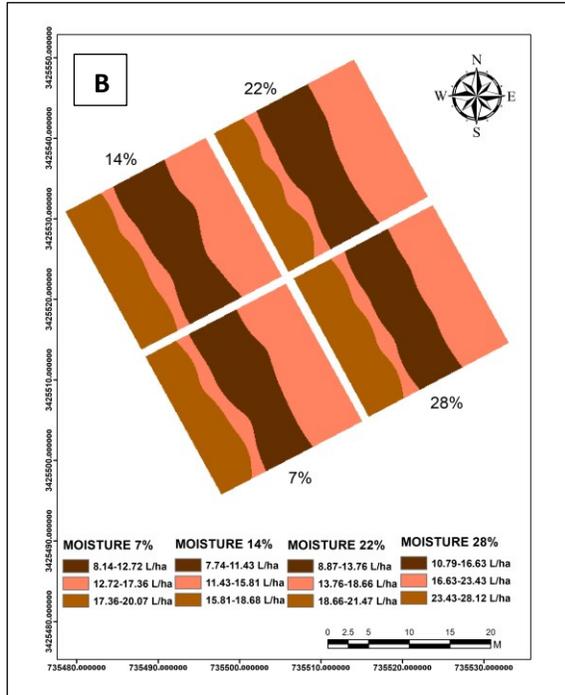
يوضح الشكل 174 التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني تحت تأثير كل من رطوبة التربة ونوع المحراث وعمق الحراثة والسرعة الامامية للجرار، يلاحظ من الشكل ان توزيع استهلاك الوقود تغير بتغير رطوبة التربة عند الحراثة (شكل A) اذ يلاحظ ان اقل استهلاك للوقود على أساس الزمن توزع في منطقة الحراثة برطوبة 14% وبمدى 4.13-4.31 لتر ساعة<sup>1</sup>، وتوزع استهلاك الوقود المرتفع ذي المدى 4.81-5.04 لتر ساعة<sup>1</sup> في منطقة الحراثة برطوبة 28%، وتوزع استهلاك الوقود ذو المديات 4.31-4.54 و 4.54 و 4.81 لتر ساعة<sup>1</sup> في منطقتي الحراثة برطوبة تربة 7 و 22%. ويوضح الشكل B التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني تحت تأثير نوع المحراث اذ يلاحظ ان المديات المنخفضة لاستهلاك الوقود المتمثلة بالمديات 3.95-4.22 و 3.52-3.90 و 4.16-4.45 و 4.19-4.66 لتر ساعة<sup>1</sup> لرطوبات التربة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بالمحراث القرصي، بينما توزعت القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود ذات المديات 4.61-4.85 و 4.41-4.67 و 4.84-5.04 و 5.32-5.75 لتر ساعة<sup>1</sup> في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلب، في حين توزعت القيم ذات المديات المتوسطة لاستهلاك الوقود في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار. يلاحظ من الشكل C الذي يبين التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني تحت تأثير أعماق الحراثة ان لعمق الحراثة دور في تغيير توزيع قيم استهلاك الوقود اذ يلاحظ ان قيم استهلاك الوقود الزمني المنخفضة توزعت بمنطقة الحراثة بعمق 15 سم وبمدى 4.03-4.27 و 3.90-4.04 و 4.36-4.52 و 4.74-4.89 لتر ساعة<sup>1</sup> لرطوبات التربة على التوالي، وتوزعت القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود الزمني ذات المديات 4.58-4.74 و 4.26-4.42 و 4.74-4.89 و 5.12-5.29 لتر ساعة<sup>1</sup> لرطوبات التربة على التوالي في مناطق الحراثة بعمق 25 سم، بينما توزعت المديات ذات القيم المتوسطة في منطقة الحراثة على عمق 20 سم. كما يوضح الشكل D التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني تحت تأثير السرعة الامامية للجرار اذ يلاحظ ان توزيع القيم متجانس ويزداد بزيادة السرعة الامامية اذ توزعت المديات ذات القيم المنخفضة (4.25-4.35 و 4.00-4.09 و 4.53-4.60 و 4.92-4.98 لتر ساعة<sup>1</sup> لرطوبات التربة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي) في مناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup>، بينما توزعت قيم استهلاك الوقود ذات المديات المرتفعة المتمثلة بالمديات 4.48-4.57 و 4.22-4.32 و 4.68-4.74 و 5.06-5.13 لتر ساعة<sup>1</sup> لرطوبات التربة على التوالي في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup>، وتوزعت القيم ذات المديات المتوسطة لاستهلاك الوقود الزمني بمناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>1</sup>.



شكل (174) التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود الزمني بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 8. استهلاك الوقود على أساس المساحة Fuel consumption per unit of area

يبين الشكل 175 التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس المساحة باختلاف عوامل الدراسة، اذ يلاحظ من الشكل A الذي يبين التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس المساحة باختلاف رطوبة التربة عند الحراثة ان قيم استهلاك الوقود المنخفضة توزعت بمناطق الحراثة برطوبة تربة 7 و 14% بمدى 13.42-14.89 لتر هكتار<sup>-1</sup>، بينما توزعت القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود على أساس المساحة في مناطق الحراثة برطوبة التربة 28% ومدى بلغ 18.25-19.68 لتر هكتار<sup>-1</sup>، بينما توزعت مديات استهلاك الوقود 14.89-16.54 لتر هكتار<sup>-1</sup> في منطقة رطوبة التربة 22% وجزء من منطقة الرطوبة 7%. يبين الشكل B التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس المساحة تحت تأثير نوع المحراث اذ يلاحظ ان قيم استهلاك الوقود المنخفضة بمديات 8.14-12.72 و 7.74-11.43 و 8.87-13.76 و 10.79-16.63 لتر هكتار<sup>-1</sup> لرطوبات التربة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بالمحراث الحفار، اما القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود على أساس المساحة المتمثلة بالمديات 17.36-20.07 و 15.81-18.68 و 18.66-21.47 و 23.43-28.12 لتر هكتار<sup>-1</sup> لرطوبات التربة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب، في حين توزعت القيم ذات المديات المتوسطة لاستهلاك الوقود على أساس المساحة بمناطق الحراثة بالمحراث القرصي. يوضح الشكل C التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس المساحة تحت تأثير عمق الحراثة، اذ أوضح الشكل ان قيم استهلاك الوقود المنخفضة بمديات 12.00-12.78 و 12.48-13.73 و 14.03-15.01 و 17.52-18.68 لتر هكتار<sup>-1</sup> لرطوبات التربة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بعمق 15 سم، بينما توزعت القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود ذات المديات 15.58-16.64 و 14.13-15.06 و 16.56-17.54 و 20.66-21.95 لتر هكتار<sup>-1</sup> لرطوبات التربة على التوالي في مناطق الحراثة على عمق 25 سم، بينما توزعت القيم المتوسطة لاستهلاك الوقود في مناطق الحراثة على عمق 20 سم. يلاحظ من الشكل D الذي يبين التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس المساحة تحت تأثير السرعة الامامية للجرار اذ يلاحظ ان قيم استهلاك الوقود على أساس المساحة تنخفض بزيادة السرعة الامامية اذ توزعت القيم المنخفضة ذات المديات 8.83-11.74 و 8.05-10.76 و 9.33-12.56 و 11.62-15.67 لتر هكتار<sup>-1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي بمناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، وتوزعت قيم استهلاك الوقود المرتفعة ذات المديات 17.31-21 و 15.87-19.57 و 18.70-23.06 و 23.44-28.85 لتر هكتار<sup>-1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي بمناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup>، بينما توزعت القيم المتوسطة لاستهلاك الوقود في مناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup>.

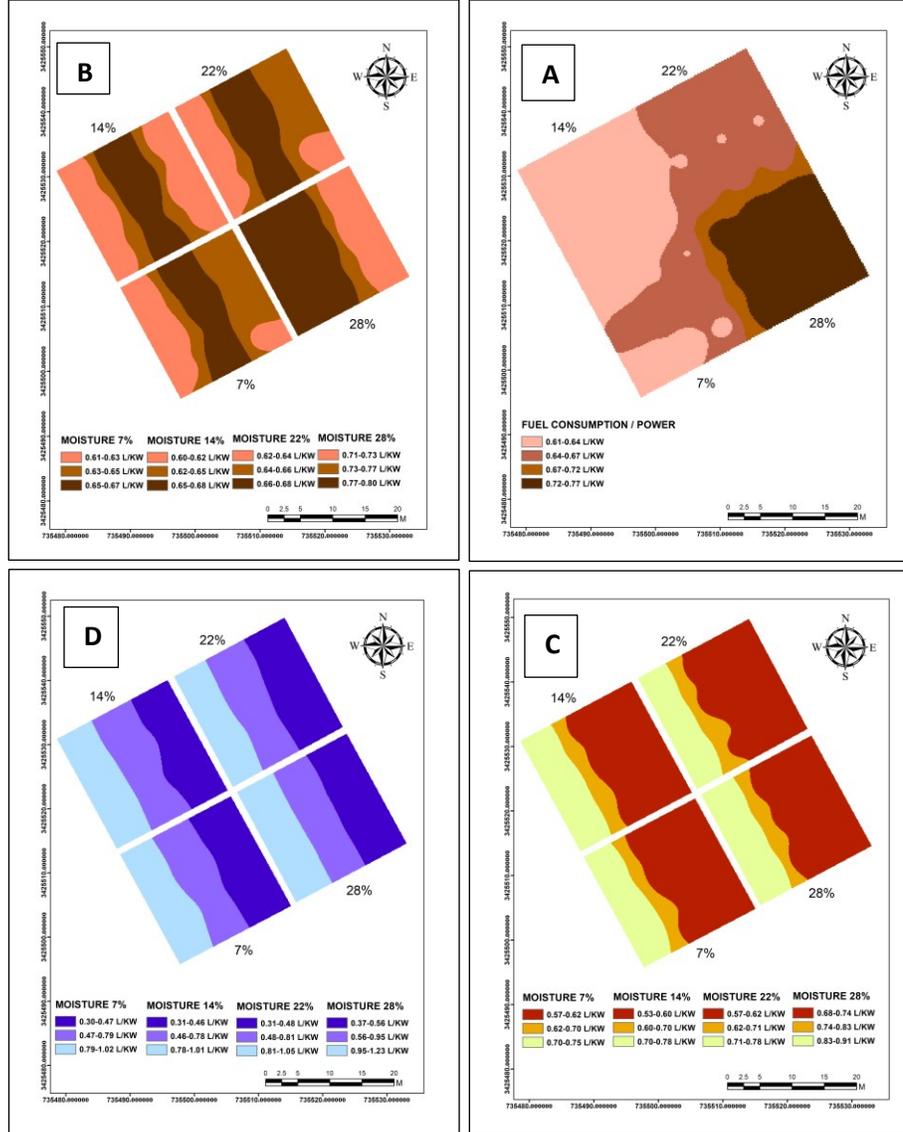


شكل (175) التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس المساحة بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 9. استهلاك الوقود على أساس القدرة Fuel consumption per unit draft power

أظهرت نتائج التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس القدرة والموضحة في الشكل 176 إمكانية وجود توزيع لقيم استهلاك الوقود ولكن ليس بالتجانس الدقيق والمحدد لكل مستوى من مستويات العوامل الداخلة في التجربة وذلك نتيجة القيم المتقاربة ما بين المستويات للمعاملات مما أدى الى اظهار توزيع متداخل لقيم استهلاك الوقود على أساس القدرة، اذ يلاحظ من الشكل A الذي يبين التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس القدرة باختلاف رطوبة التربة ان القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود توزعت في منطقة الرطوبة 28% وبمدى 0.77-0.72 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup>، بينما توزعت القيم المنخفضة ذات المدى 0.64-0.61 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> في منطقة رطوبة التربة 14% وبعض مناطق رطوبة التربة 7%، اما قيم استهلاك الوقود ذات المدى 0.67-0.64 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> فتوزعت في مناطق رطوبة التربة 22% وبعض مناطق رطوبة التربة 7%. ويلاحظ من الشكل B التوزيع المكاني لقيم استهلاك الوقود على أساس القدرة تحت تأثير نوع المحراث اذ يلاحظ ان القيم المنخفضة لاستهلاك الوقود ذات المدى 0.63-0.61 و 0.60-0.62 و 0.64-0.62 و 0.73-0.71 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب للرطوبات 7 و 14 و 22% وكذلك الحراثة بالمحراث القرصي للرطوبات 14 و 28%، في حين ان المديات المرتفعة لقيم استهلاك الوقود ذات المدى 0.67-0.65 و 0.68-0.65 و 0.68-0.66 و 0.80-0.77 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي قد توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار للمستويات الرطوبية الأربع وكذلك للمحراث المطرحي القلاب عند رطوبة التربة 28%، اما المديات المتوسطة لقيم استهلاك الوقود على أساس القدرة فتوزعت في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي عند الرطوبة 7 و 22% مع وجود بعض النسب في المناطق المتداخلة مع المحارث الأخرى. ويوضح الشكل C التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس القدرة باختلاف عمق الحراثة اذ يلاحظ ان القيم المنخفضة لاستهلاك الوقود المتمثلة بالمديات 0.62-0.57 و 0.60-0.53 و 0.62-0.57 و 0.62-0.57 و 0.68-0.74 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي توزعت بمناطق الحراثة بعمق 25 سم وكذلك جزء من مناطق الحراثة بعمق 20 سم، وتوزعت قيم استهلاك الوقود ذات القيم المرتفعة المتمثلة بالمديات 0.75-0.70 و 0.78-0.70 و 0.78-0.71 و 0.91-0.83 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي في مناطق الحراثة بعمق 15 سم، اما القيم المتوسطة لاستهلاك الوقود على أساس القدرة فتوزعت في جزء من مناطق الحراثة بعمق 20 سم. ويوضح الشكل D التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس القدرة تحت تأثير السرعة الامامية للجرار، يلاحظ ان القيم تنخفض بزيادة السرعة اذ توزعت القيم المنخفضة

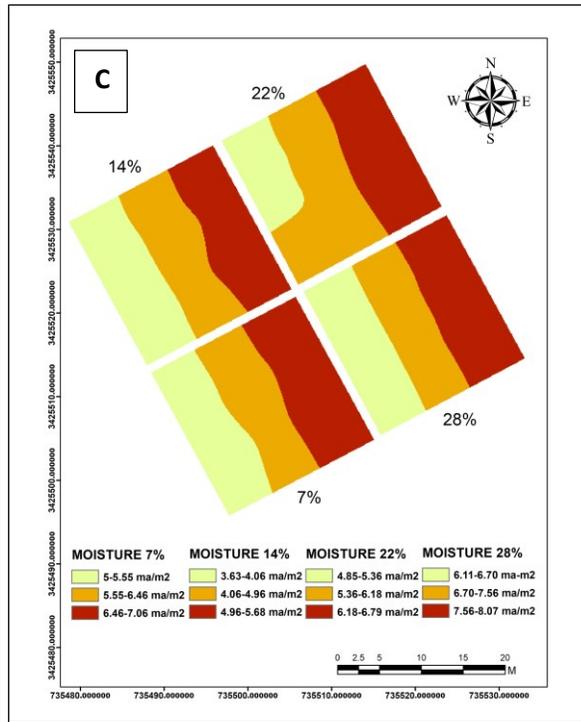
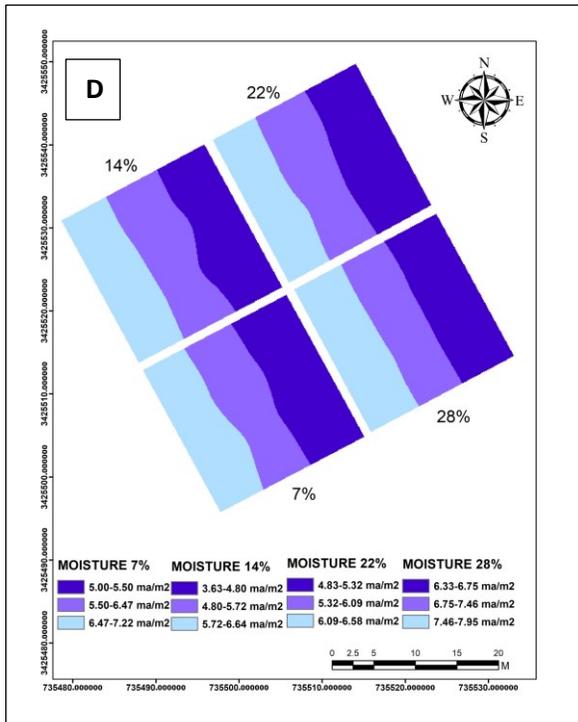
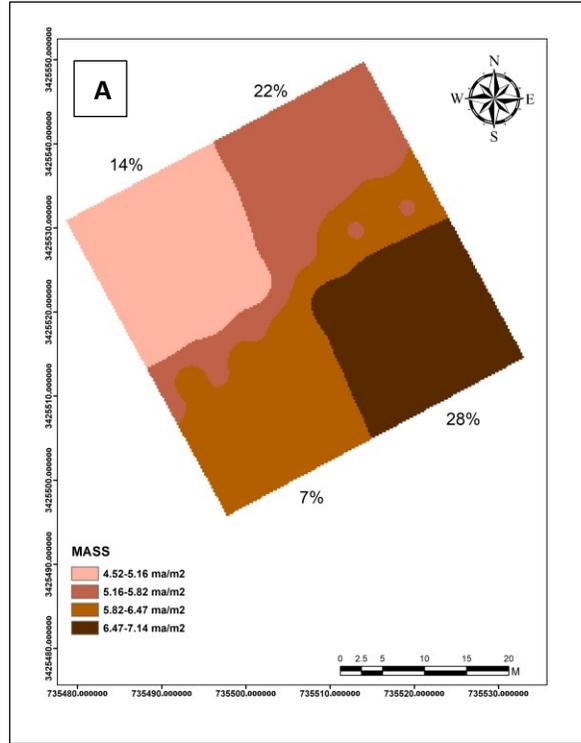
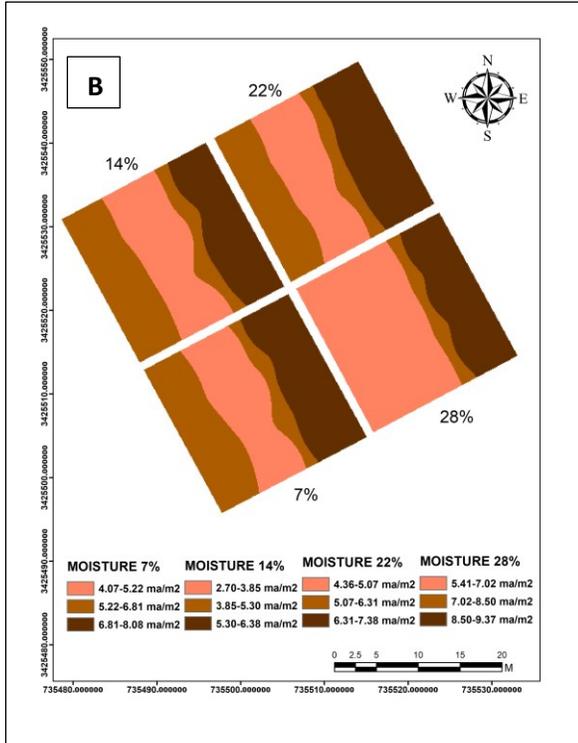
لاستهلاك الوقود ذات المديات 0.37-0.56 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، وتوزعت القيم المرتفعة لاستهلاك الوقود ذات المديات 0.30-0.47 و 0.31-0.46 و 0.31-0.48 و 0.37-0.56 لتر/ساعة كيلو واط<sup>1</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي في مناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup>، اما المديات المتوسطة لاستهلاك الوقود فتوزعت في مناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup>.



شكل (176) التوزيع المكاني لاستهلاك الوقود على أساس القدرة بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحراثة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 1. 10. مظهر الحراثة Tillage appearance

يوضح الشكل 177 التوزيع المكاني لقيم عدد الكتل الأكبر من 10 سم في المتر المربع الناتجة من عملية الحراثة تحت تأثير عوامل الدراسة، اذ يوضح الشكل A التوزيع المكاني لعدد الكتل باختلاف رطوبة التربة اذ توزعت القيم المرتفعة لعدد الكتل في منطقة رطوبة التربة 28% بمدى 6.47-7.14 كتلة م<sup>2</sup> وتوزعت القيم المنخفضة لعدد الكتل ذات المدى 4.52-5.16 كتلة م<sup>2</sup> في منطقة رطوبة التربة 14% وتوزعت قيم عدد الكتل ذات المدى 5.16-5.82 كتلة م<sup>2</sup> في منطقة رطوبة التربة 22% وجزء من رطوبة التربة 7% اما المدى 5.82-6.47 كتلة م<sup>2</sup> فتوزع في منطقة رطوبة التربة 7% وجزء من رطوبة التربة 22%. ويلاحظ من الشكل B الذي يوضح التوزيع المكاني لعدد الكتل تحت تأثير نوع المحراث ان القيم المنخفضة لعدد الكتل ذات المديات 4.07-5.22 و 2.70-3.85 و 4.36-5.07 و 5.41-7.02 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار لجميع مستويات الرطوبة مع منطقة الحراثة بالمحراث المطرحي في رطوبة التربة 28%، اما القيم المرتفعة لعدد الكتل ذات المديات 6.81-8.08 و 5.30-6.38 و 6.31-7.38 و 8.50-9.37 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي فتوزعت في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي، وتوزعت القيم المتوسطة لعدد الكتل في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب ما عدا رطوبة التربة 28% التي سجل فيها المحراث انخفاض في عدد الكتل. ويبين الشكل C التوزيع المكاني لقيم عدد الكتل تحت تأثير عمق الحراثة اذ يلاحظ ان قيم عدد الكتل المنخفضة توزعت في مناطق الحراثة بعمق 15 سم وتمثلت بالمديات 5.00-5.55 و 3.63-4.06 و 4.85-5.36 و 6.11-6.70 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي، بينما توزعت قيم عدد الكتل المرتفعة ذات المديات 6.46-7.06 و 4.96-5.68 و 6.18-6.79 و 7.56-8.07 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي في مناطق الحراثة بعمق 25 سم، وتوزعت القيم المتوسطة لعدد الكتل في مناطق الحراثة بعمق 20 سم. ويلاحظ من الشكل D الذي يبين التوزيع المكاني لقيم عدد الكتل تحت تأثير السرعة الامامية للجرار ان عدد الكتل ينخفض بزيادة السرعة اذ توزعت القيم المنخفضة لعدد الكتل المتمثلة بالمديات 5.00-5.50 و 3.63-4.80 و 4.83-5.32 و 6.33-6.75 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي في مناطق الحراثة بسرعة 5.22 كم ساعة<sup>-1</sup>، بينما توزعت القيم المرتفعة لعدد الكتل في مناطق الحراثة بسرعة 1.83 كم ساعة<sup>-1</sup> وتمثلت بالمديات 6.47-7.22 و 5.72-6.64 و 6.09-6.58 و 7.46-7.95 كتلة م<sup>2</sup> لمستويات الرطوبة على التوالي، وتوزعت القيم المتوسطة في مناطق الحراثة بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup>.

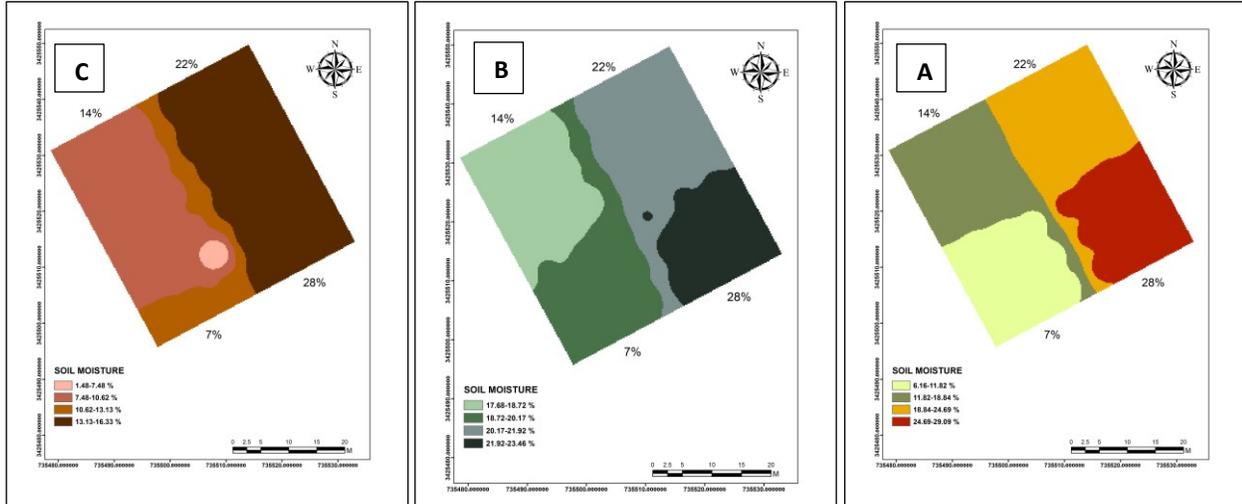


شكل (177) التوزيع المكاني لمظهر الحرارة بتأثير (A) رطوبة التربة (B) نوع المحراث (C) عمق الحرارة (D) السرعة الامامية

#### 4. 6. 2. خصائص التربة Soil properties

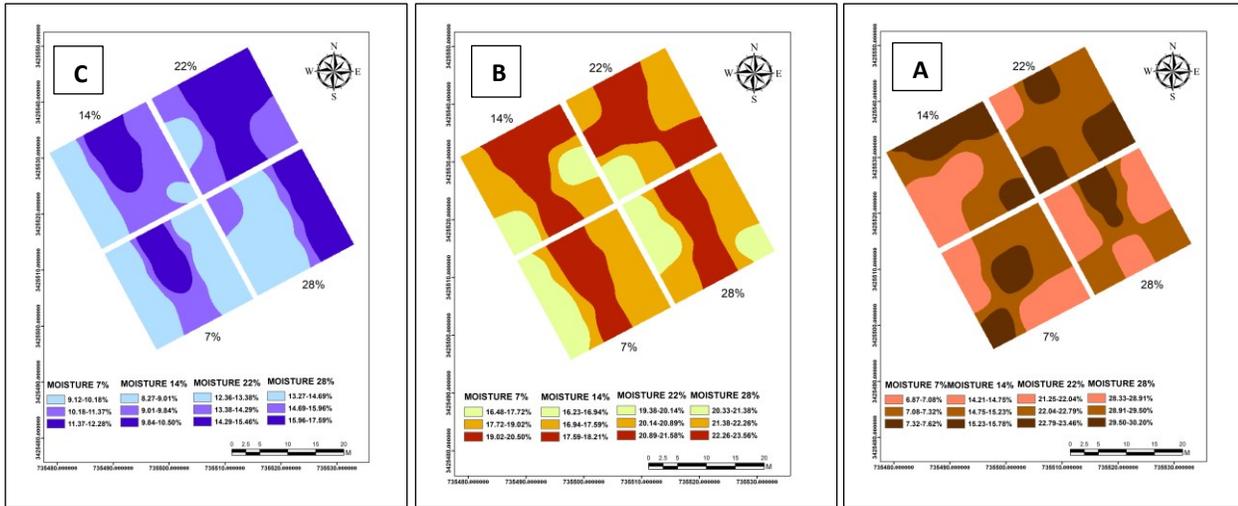
#### 4. 6. 2. 1. المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content

يلاحظ من الشكل 178 الذي يبين التوزيع المكاني لقيم المحتوى الرطوبي للتربة باختلاف رطوبة التربة عند الحراثة ولثلاث فترة بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو ان المحتوى الرطوبي للتربة بعد الحراثة (A) توزع بالتساوي مع معاملات رطوبة التربة وبمديات 11.82-6.16 و 18.84-11.82 و 24.69-18.84 و 29.09-24.69% لرطوبات التربة 7 و 14 و 22 و 28% على التوالي، ولكن في بداية الموسم (B) تغير التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي اذ توزع المحتوى الرطوبي المنخفض عند الرطوبة 14% ثم 7% ثم 22% ثم 28% لتسجل اعلى مدى للمحتوى الرطوبي وبمديات بلغت 18.72-17.68 و 20.17-18.72 و 21.92-20.17 و 23.46-21.92% على التوالي، وتوزع المحتوى الرطوبي ذو المديات المرتفعة في نهاية الموسم (الشكل C) بمناطق الحراثة برطوبة التربة 22 و 28% اذ بلغت 13.13-16.33% بينما توزع المحتوى الرطوبي ذو المدى 10.62-7.48% بمناطق الحراثة برطوبة تربة 7 و 14% اما المحتوى الرطوبي ذو المدى 13.13-10.62% فتوزع في جزء من منطقة الحراثة برطوبة التربة 7%، اما اقل مدى للمحتوى الرطوبي في نهاية الموسم (1.48-7.48%) فتركز بجزء صغير من منطقة الحراثة برطوبة التربة 7%.



شكل (178) التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي للتربة بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

يوضح الشكل 179 التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي للتربة تحت تأثير نوع المحراث وللفترة بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو اذ يلاحظ ان توزيع المحتوى الرطوبي للتربة لم يكن متجانس مع معاملات الحراثة لنوع المحراث اذ توزع المحتوى الرطوبي للفترة بالمديات الموضحة في الشكل وبتوزيع غير متطابق مع نوع المحراث وذلك يعود الى ان صفة المحتوى الرطوبي تحتاج الى مساحة وحدات تجريبية اكبر لتوفر إمكانية الحصول على توزيع مكاني أوضح واكثر تجانساً وكذلك وجود قيم متقاربة ما بين معاملات نوع المحراث مما أدى الى وجود تداخل في التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي.

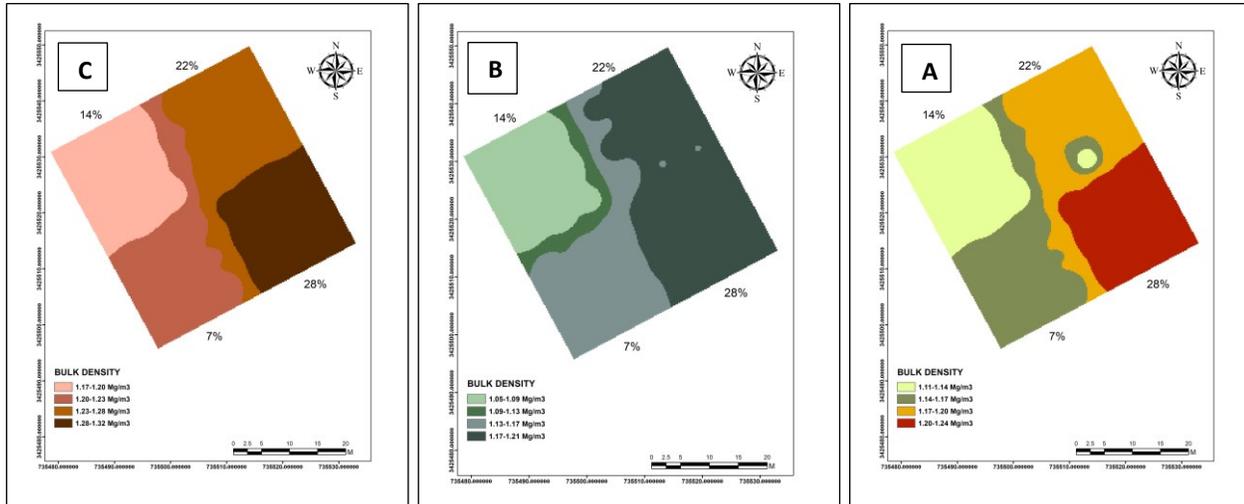


شكل (179) التوزيع المكاني للمحتوى الرطوبي للتربة بتأثير نوع المحراث (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

#### 4. 2. 6. 2. الكثافة الظاهرية bulk density

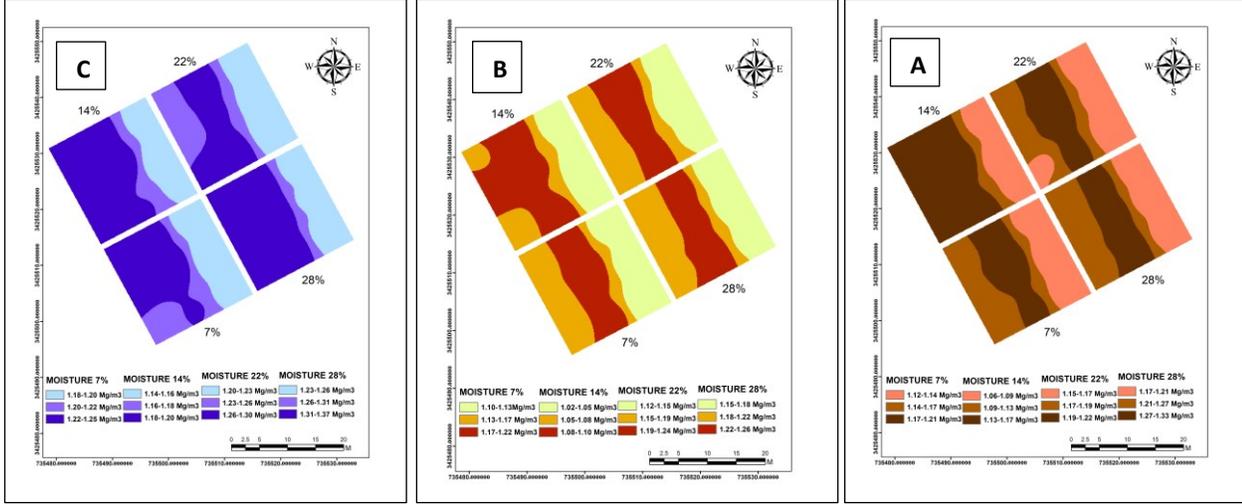
يوضح الشكل 180 التوزيع المكاني لصفة الكثافة الظاهرية للتربة تحت تأثير رطوبة التربة عند الحراثة، يلاحظ من الشكل A الذي يبين التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية بعد الحراثة اذ توزعت قيم الكثافة بشكل متجانس باختلاف رطوبة التربة اذ توزعت من الرطوبة 7 و 14 و 22 و 28% تدريجياً بالمديات 1.11-1.14 و 1.14-1.17 و 1.17-1.20 و 1.20-1.24 ميكا غرام م<sup>-3</sup>، اما في بداية الموسم (شكل B) فتوزعت الكثافة المنخفضة في منطقة الرطوبة 14% بمدى 1.05-1.09 ميكا غرام م<sup>-3</sup> وتوزعت الكثافة المرتفعة في مناطق الرطوبة 22 و 28% بمدى 1.17-1.21 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بينما توزعت الكثافة الظاهرية 1.13-1.17 ميكا غرام م<sup>-3</sup> بمنطقة رطوبة التربة 7%. اما في نهاية موسم النمو (شكل C) فكان توزيع الكثافة

الظاهرية أكثر وضوحاً إذ توزعت الكثافة الظاهرية بالمديات 1.23-1.28 و 1.20-1.17 و 1.28-1.32 ميكا غرام م<sup>-3</sup> لرتوبات التربة 14 و 7 و 22 و 28% على التوالي.



شكل (180) التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

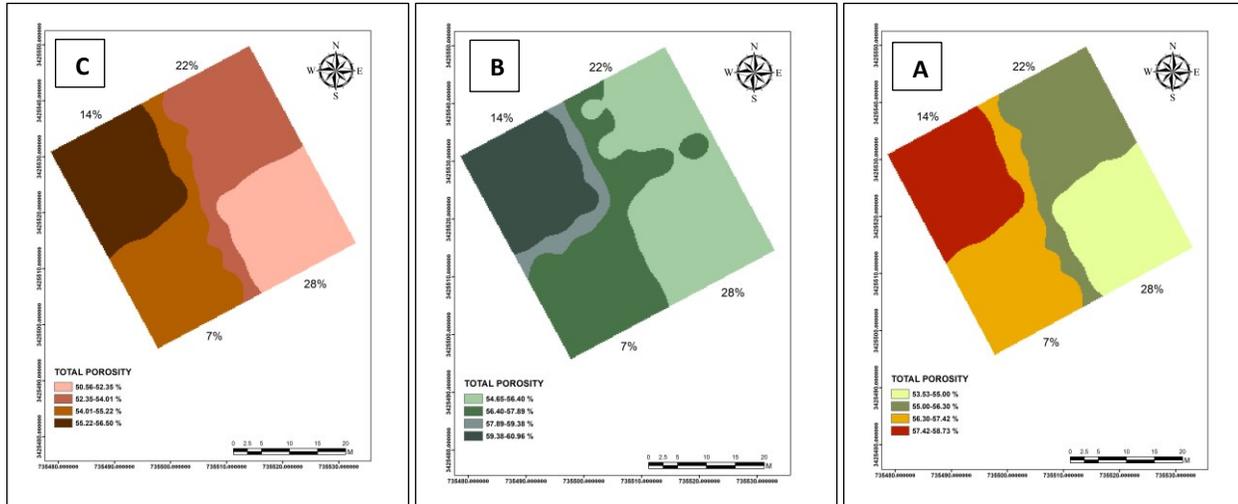
كما يلاحظ من الشكل 181 الذي يبين التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية تحت تأثير نوع المحراث ان الكثافة الظاهرية ذات المديات المنخفضة توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي القلاب ولجميع المستويات الرطوبة وخلال الفترات الثلاث (بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو) بينما توزعت المديات المرتفعة للكثافة الظاهرية للفترات الثلاث في منطقة الحراثة بالمحراث الحفار ولجميع المستويات الرطوبة وكذلك تضمنت بعض المناطق المحروثة بالمحراث المطرحي القلاب في نهاية الموسم (شكل C) وخصوصاً الرطوبات 7 و 14 و 28% وبعد الحراثة (شكل A) عند الرطوبة 14% بينما توزعت المديات المتوسطة للكثافة الظاهرية في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب بعد الحراثة وبداية موسم النمو.



شكل (181) التوزيع المكاني للكثافة الظاهرية بتأثير نوع المحراث (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

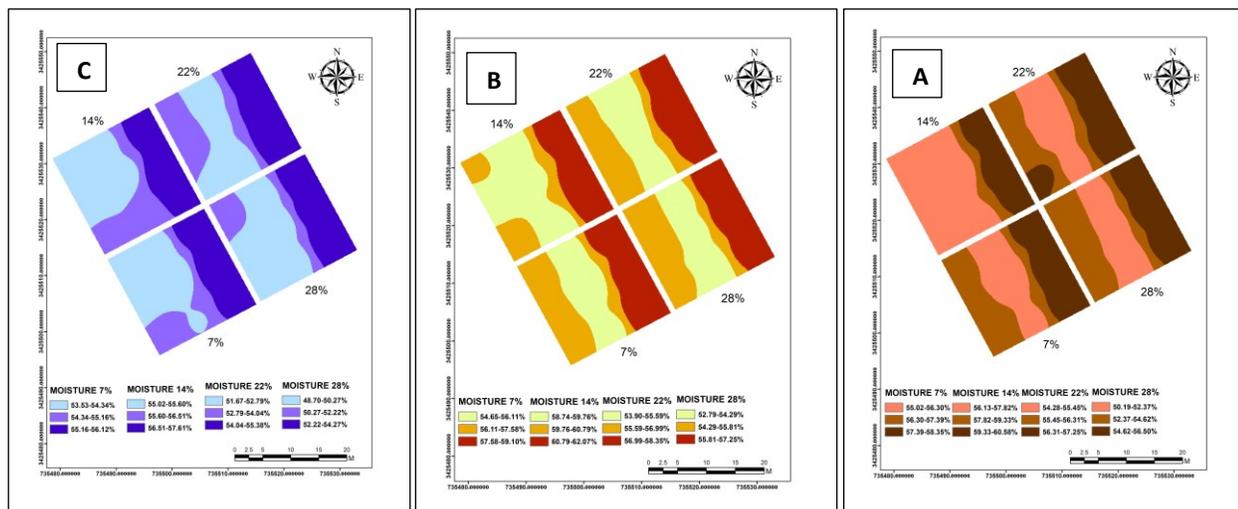
#### 4. 6. 3. المسامية الكلية Total porosity

يبين الشكل 182 التوزيع المكاني للمسامية الكلية للتربة تحت تأثير المستويات الرطوبة للتربة عند الحراثة اذ يلاحظ ان التوزيع المكاني للمسامية المرتفعة توزع في منطقة الرطوبة 14% متمثلاً بالمديات 58.73-57.42% و 60.96-59.38 و 55.22-56.50% للفترات بعد الحراثة وبداية ونهاية الموسم على التوالي (الاشكال A و B و C)، اما القيم المنخفضة للمسامية الكلية ذات المديات 55.00-53.53 و 54.65-56.40 و 52.35-50.56% للفترات بعد الحراثة وبداية ونهاية الموسم على التوالي توزعت في منطقة الرطوبة 28% وجزء من رطوبة التربة 22% في بداية موسم النمو، وتوزعت مسامية التربة ذات المديات 56.30-55.00 و 57.89-56.40 و 54.01-52.35% للفترات بعد الحراثة وبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة رطوبة التربة 22% وكذلك منطقة رطوبة التربة 7% في بداية موسم النمو، اما مديات المسامية الكلية 57.42-56.30 و 55.22-54.01% للفترات بعد الحراثة ونهاية الموسم على التوالي فتوزعت في منطقة رطوبة التربة 7%.



شكل (182) التوزيع المكاني للمسامية الكلية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

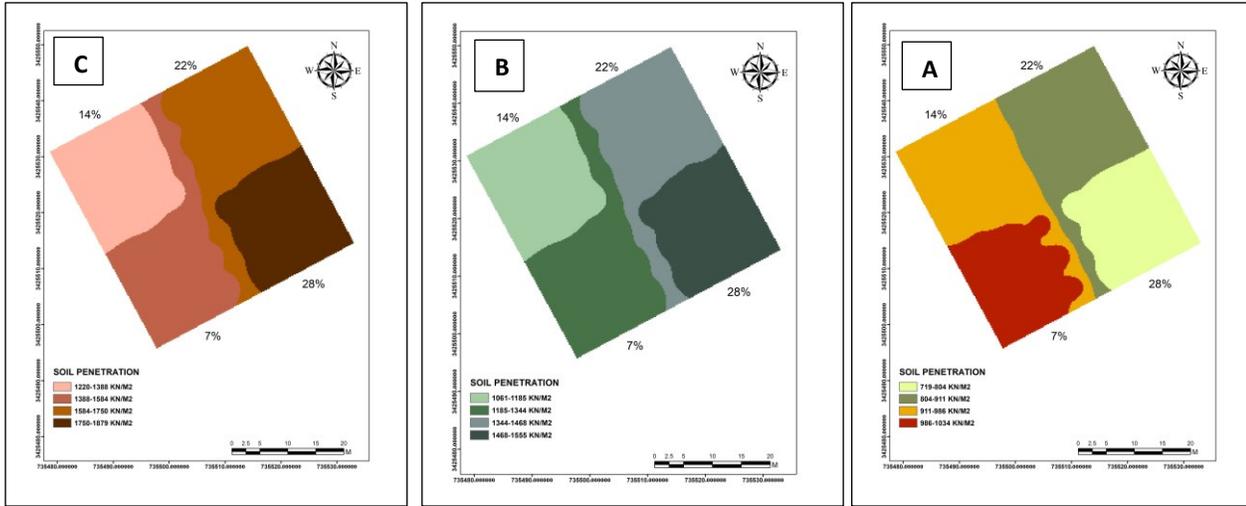
يوضح الشكل 183 التوزيع المكاني للمسامية الكلية للتربة باختلاف نوع المحراث اذ يلاحظ ان اعلى مدى للمسامية الكلية للتربة توزع في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي ولجميع الفترات بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو، بينما توزعت المديات المنخفضة للمسامية الكلية في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار مع بعض المناطق للمحراث المطرحي القلاب في نهاية موسم النمو وبعد الحراثة اما المديات المتوسطة للمسامية الكلية فتوزعت في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب.



شكل (183) التوزيع المكاني للمسامية الكلية بتأثير نوع المحراث (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

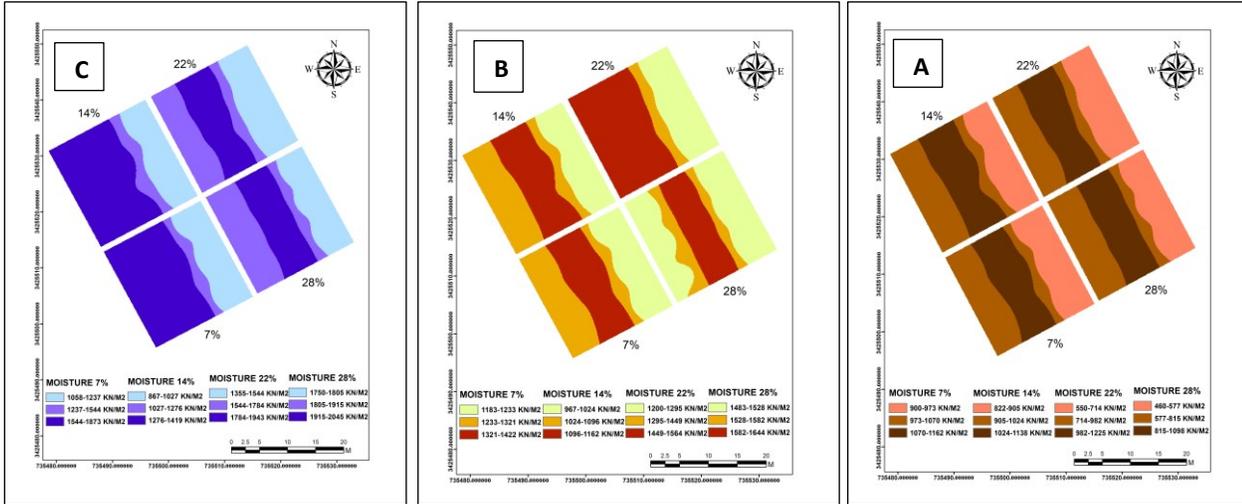
#### 4. 6. 2. 4. مقاومة التربة للاختراق Soil penetration resistance

يبين الشكل 184 التوزيع المكاني لقيم مقاومة التربة للاختراق بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة ولثلاث فترات بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته، اذ يلاحظ من الشكل A الذي يبين التوزيع المكاني لقيم مقاومة التربة للاختراق بعد الحراثة ان قيم مقاومة الاختراق ذات المديات المنخفضة 719-804 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> توزعت في منطقة رطوبة التربة 28% نتيجة الرطوبة العالية للتربة بينما توزعت قيم مقاومة الاختراق ذات المديات المرتفعة 986-1034 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> في منطقة رطوبة التربة 7%، وتوزعت المديات الرطوبية 804-911 و 911-986 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> في مناطق رطوبة التربة 22 و 14% على التوالي، اما في بداية ونهاية موسم النمو (الاشكال A و B) فتوزعت المديات المنخفضة لمقاومة التربة للاختراق 1061-1185 و 1220-1388 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة الرطوبة 14% وتوزعت المديات المرتفعة لمقاومة التربة للاختراق 1468-1555 و 1750-1879 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة الرطوبة 28%، وتوزعت المديات 1185-1344 و 1388-1584 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة الرطوبة 7% بينما توزعت المديات 1344-1468 و 1584-1750 كيلو نيوتن م<sup>-2</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي بمنطقة الرطوبة 22%.



شكل (184) التوزيع المكاني لمقاومة التربة للاختراق بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

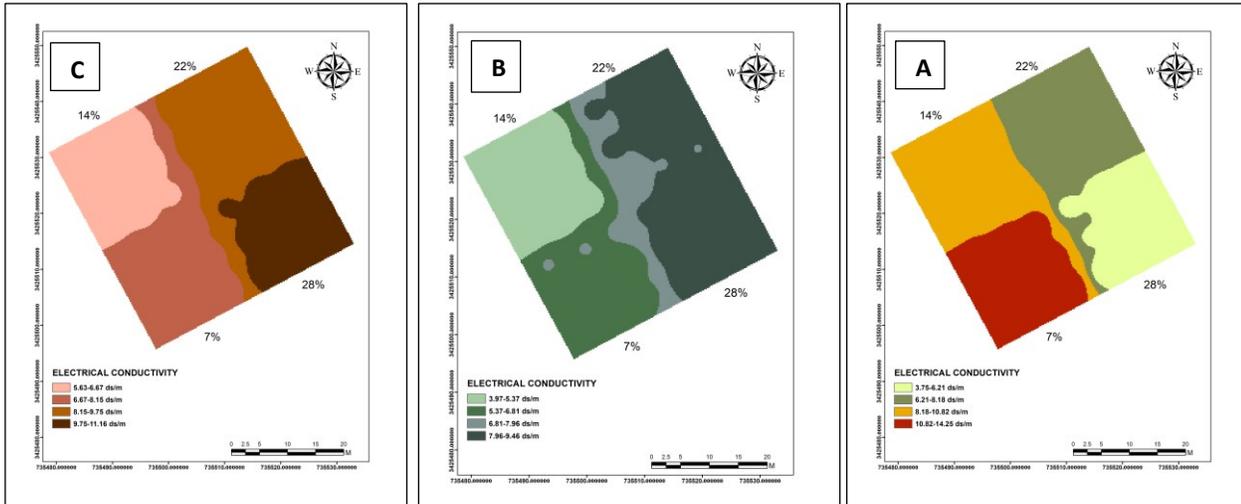
يوضح الشكل 185 التوزيع المكاني لمقاومة التربة للاختراق تحت تأثير نوع المحراث للفترات بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو اذ يلاحظ ان اقل القيم لمديات مقاومة التربة للاختراق بعد الحراثة توزعت بمناطق الحراثة بالمحراث القرصي والمديات العالية توزعت في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار بينما توزعت المديات المتوسطة في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب، اما عند بداية موسم النمو توزعت القيم المنخفضة لمقاومة الاختراق في مناطق الحراثة بالمحراث القرصي لجميع الرطوبات ومنطقة المحراث المطرحي عند الرطوبة 28% وتوزعت المديات المرتفعة في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار لجميع المديات الرطوبات مع منطقة الحراثة بالمحراث المطرحي عند رطوبة التربة 22% اما المديات المتوسطة فتوزعت بمناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب عند الرطوبات 7 و 14%، في نهاية الموسم توزعت مديات مقاومة التربة للاختراق المنخفضة بمناطق الحراثة بالمحراث القرصي بينما توزعت القيم ذات المديات المرتفعة في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار لجميع الرطوبات مع مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي عند الرطوبة 7 و 14% اما القيم المتوسطة فتوزعت في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي عند الرطوبة 22 و 28%.



شكل (185) التوزيع المكاني لمقاومة التربة للاختراق بتأثير نوع المحراث (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

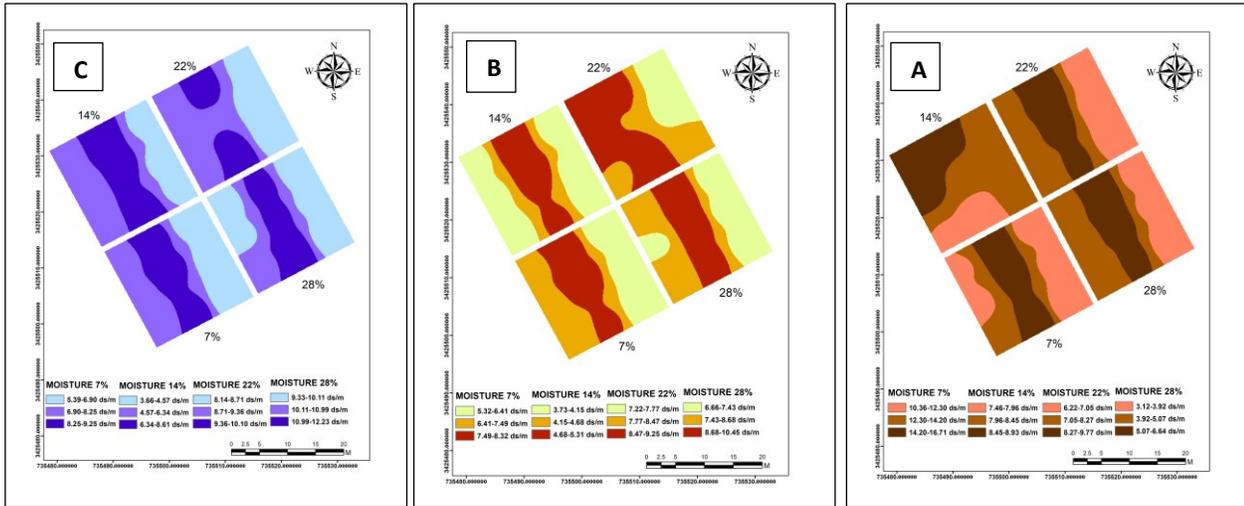
#### 4. 6. 2. 5. الإيصالية الكهربائية Electrical Conductivity

يوضح الشكل 186 التوزيع المكاني لقيم الإيصالية الكهربائية تحت تأثير رطوبة التربة عند الحراثة لثلاث فترات بعد الحراثة وبداية الموسم ونهايته اذ يلاحظ ان القيم المنخفضة للإيصالية الكهربائية 3.57-6.21 ديسيمنز م<sup>-1</sup> تركزت في منطقة الحراثة برطوبة التربة 28% للفترة بعد الحراثة (شكل A) وتركزت القيم المرتفعة 10.82-14.25 ديسيمنز م<sup>-1</sup> في منطقة الحراثة برطوبة تربة 7%، وتوزعت مديات الإيصالية الكهربائية 6.21-8.18 و 8.18-10.82 ديسيمنز م<sup>-1</sup> بمناطق الحراثة برطوبة تربة 22 و 14% على التوالي، اما في بداية ونهاية الموسم (شكل A و B) فتوزعت المديات المنخفضة في منطقة الحراثة برطوبة تربة 14% بمديات 3.97-5.37 و 5.37-6.67 ديسيمنز م<sup>-1</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي، وتوزعت المديات المرتفعة 7.96-9.46 و 9.46-11.16 ديسيمنز م<sup>-1</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة الحراثة برطوبة تربة 28% في بداية ونهاية الموسم ورطوبة التربة 22% في بداية موسم النمو فقط، وتوزعت قيم الإيصالية الكهربائية ذات المديات 5.37-6.81 و 6.67-8.15 ديسيمنز م<sup>-1</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي في منطقة الحراثة برطوبة تربة 7%، اما مديات الإيصالية الكهربائية 6.81-7.96 و 7.96-8.15 ديسيمنز م<sup>-1</sup> لبداية ونهاية الموسم على التوالي فتوزعت في منطقة الحراثة برطوبة تربة 22%.



شكل (186) التوزيع المكاني للإيصالية الكهربائية بتأثير رطوبة التربة عند الحراثة (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

يبين الشكل 187 التوزيع المكاني للإيصالية الكهربائية تحت تأثير نوع المحراث لفترات موسم النمو بعد الحراثة وبداية ونهاية موسم النمو اذ يلاحظ ان هنالك بعض التداخلات في الاشكال نتيجة تقارب بعض القيم للمحارث الا ان قيم الايصالية الكهربائية ذات المديات المنخفضة توزعت في معظم مناطق الحراثة بالمحراث القرصي وفترات موسم النمو الثلاث بينما توزعت القيم المرتفعة للإيصالية الكهربائية في مناطق الحراثة بالمحراث الحفار، وتوزعت القيم المتوسطة للإيصالية الكهربائية في مناطق الحراثة بالمحراث المطرحي القلاب كما موضح في الاشكال A و B و C.



شكل (187) التوزيع المكاني للإيصالية الكهربائية بتأثير نوع المحراث (A) بعد الحراثة (B) بداية الموسم (C) نهاية الموسم

#### 4.7. التكاليف الاقتصادية Economic costs

#### 4.7.1. التكاليف الانتاجية Production costs

#### 4.7.1.1. التكاليف الثابتة Fixed costs

تمثلت التكاليف الثابتة بتكاليف ايجار الأرض والايدي العاملة والتي تمثل التكاليف التي يدفعها المنتج سواء كان لديه انتاج ام لا وتوضح بالجدول 48.

#### جدول (48) التكاليف الثابتة (بالدينار)

| البند          | الكلفة الثابتة للحقل | الكلفة الثابتة للهكتار |
|----------------|----------------------|------------------------|
| ايجار الحقل    | 3,500                | 14,000                 |
| الايدي العاملة | 450,000              | 2,812,500              |
| المجموع        | 453,500              | 2,826,500              |

#### 4.7.1.2. التكاليف المتغيرة Variable costs

تمثلت التكاليف المتغيرة بتكاليف الأسمدة والبذور والمبيدات والحراثة والزيوت ووقود مضخة الري وهذه التكاليف موضحة بالجدول 49 ويضاف لها تكاليف استهلاك الوقود بالهكتار لكل عامل من عوامل التجربة المتمثلة برطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث وتوضح بالجدول 50 اما مجموع التكاليف المتغيرة فيوضح في جدول 51 الناتج من حاصل جمع تكاليف جدول 49 وجدول 50 اذ يلاحظ ان الفرق في التكاليف المتغيرة ما بين رطوبات التربة لم يكن كبير بالرغم من اعطاء رطوبة التربة 14% اقل تكلفة بلغت 1,590,112 دينار هـ<sup>1</sup> بينما اعطت رطوبة التربة 28% اعلى تكلفة بلغت 1,592,915 دينار هـ<sup>1</sup> وهذا يعزى الى الاختلاف في استهلاك الوقود وتكلفة الوقود اذ ازداد استهلاك الوقود عند رطوبة التربة 28% نتيجة وجود الانزلاق مما زاد من وقت العمل واستهلاك الوقود، كما يلاحظ من الجدول 51 وجود اختلاف بسيط في التكاليف المتغيرة ما بين نوع المحراث المستخدم في التجربة اذ اعطى المحراث الحفار اقل تكلفة بلغت 1,588,066 دينار هـ<sup>1</sup> واعطى المحراث المطرحي اعلى تكلفة بلغت 1,593,991 دينار هـ<sup>1</sup> وبلغت تكلفة العمل بالمحراث القرصي 1,591,577 دينار هـ<sup>1</sup> ويعزى سبب هذا الاختلاف الى الاختلاف في استهلاك الوقود لكل محراث (جدول 50) اذ انخفضت تكاليف المحراث الحفار نتيجة كبر عرضه الشغال مما يقلل من وقت انجاز العمل للهكتار بينما ازدادت عند الحراثة بالمحراث المطرحي نتيجة زيادة الانزلاق مقارنة

بالمحراث الحفار والقرصي مما يزيد من وقت العمل واستهلاك الوقود وبالتالي زيادة تكلفة العمل كما يلاحظ ان معاملة الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 14% اعطت اقل التكاليف اذ بلغت 1,587,558 دينار هـ<sup>1</sup> بينما اعطت الحراثة بالمحراث المطرحي برطوبة تربة 28% اعلى تكلفة بلغت 1,596,703 دينار هـ<sup>1</sup> وللأسباب اعلاه.

#### جدول (49) تكاليف الأسمدة والبذور والحراثة والزيوت (دينار)

| البند          | الكلفة للحقل | الكلفة للهكتار |
|----------------|--------------|----------------|
| البذور         | 5,500        | 34,375         |
| الأسمدة        | 58,000       | 362,500        |
| أجور الحراثة   | 120,000      | 750,000        |
| الزيوت         | 11,200       | 70,000         |
| المبيدات       | 25,000       | 156,250        |
| وقود مضخة الري | 33,750       | 210,937        |
| المجموع        | 253,450      | 1,584,062      |

\*البذور 5.5 كغم X 1000 دينار \*اليوريا 11.5 كغم X 1500 دينار \*داب 10 كغم X 2500 دينار \*بوتاسيوم 5.25 كغم X 3000 دينار

#### جدول (50) تكاليف الوقود (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | المحراث |       |        | الرطوبة (%)   |
|---------------|---------|-------|--------|---------------|
|               | DP      | CH    | MB     |               |
| 6,590         | 7,082   | 3,663 | 9,027  | 7             |
| 6,050         | 6,254   | 3,496 | 8,400  | 14            |
| 7,104         | 7,662   | 4,001 | 9,649  | 22            |
| 8,853         | 9,063   | 4,855 | 12,641 | 28            |
|               | 7,515   | 4,004 | 9,929  | متوسط المحراث |

\*سعر الوقود 450 دينار لتر<sup>1</sup>

#### جدول (51) مجموع التكاليف المتغيرة (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | المحراث   |           |           | الرطوبة (%)   |
|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|               | DP        | CH        | MB        |               |
| 1,590,652     | 1,591,144 | 1,587,725 | 1,593,089 | 7             |
| 1,590,112     | 1,590,316 | 1,587,558 | 1,592,462 | 14            |
| 1,591,166     | 1,591,724 | 1,588,063 | 1,593,711 | 22            |
| 1,592,915     | 1,593,125 | 1,588,917 | 1,596,703 | 28            |
|               | 1,591,577 | 1,588,066 | 1,593,991 | متوسط المحراث |

#### 4. 7. 1. 3. تكاليف عمل البالات bale making costs

يوضح الجدول 52 عدد البالات الناتجة من كل معاملة من معاملات الدراسة اذ يلاحظ ان اعلى متوسط لعدد البالات سجل عند الحراثة برطوبة تربة 14% بلغ 1810 بالة هـ-1 واقل متوسط لعدد البالات سجل عند الحراثة برطوبة تربة 28% بلغ 720 بالة هـ-1 بينما بلغ متوسط عدد البالات لرطوبة التربة 7 و22% 1618 و859 بالة هـ-1 ويعزى سبب زيادة عدد البالات عند رطوبة التربة 14% الى زيادة الوزن الجاف عند هذه المعاملة (شكل 161) نتيجة تحسن خواص التربة بينما تدهورت خصائص التربة عند رطوبة التربة 28% وبالتالي قل الوزن الجاف فأخفض عدد البالات. ويلاحظ من الجدول 52 ان الحراثة بالمحراث القرصي اعطت اعلى متوسط لعدد البالات بلغ 1432 بالة هـ-1 واقل عدد للبالات بلغ 1109 بالة هـ-1 عند الحراثة بالمحراث الحفار بينما بلغ متوسط عدد البالات عند الحراثة بالمحراث المطرحي 1215 بالة هـ-1 ويعود سبب تفوق المحراث القرصي الى تحسن خواص التربة وبالتالي زيادة الوزن الجاف للحنطة (شكل 162) وبالتالي زيادة عدد البالات بينما حصل العكس عند الحراثة بالمحراث الحفار وبالتالي انخفض عدد البالات. اما التداخل ما بين رطوبة التربة ونوع المحراث فأعطت معاملة التداخل ما بين رطوبة التربة 14% والمحراث القرصي اعلى عدد للبالات بلغ 2081 بالة هـ-1 وهذا نتيجة تحسن خواص التربة وزيادة الوزن الجاف للحنطة بينما اعطت معاملة التداخل ما بين رطوبة التربة 28% والمحراث الحفار اقل عدد للبالات بلغ 622 بالة هـ-1 نتيجة تدهور خصائص التربة وانخفاض الوزن الجاف.

جدول (52) عدد البالات (بالة هـ-1)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |      |      | الرطوبة (%)   |
|---------------|-------------|------|------|---------------|
|               | DP          | CH   | MB   |               |
| 1618          | 1836        | 1480 | 1538 | 7             |
| 1810          | 2081        | 1618 | 1732 | 14            |
| 859           | 993         | 715  | 869  | 22            |
| 720           | 818         | 622  | 720  | 28            |
|               | 1432        | 1109 | 1215 | متوسط المحراث |

ويوضح الجدول 53 تكلفة عمل البالات، اذ يلاحظ ان اعلى تكلفة للعمل بمتوسط 905,000 دينار هـ-1 هي عند رطوبة التربة 14% بينما اقل تكلفة عمل بلغت عند رطوبة التربة 28% بمتوسط 359,861 دينار

هـ-1 وهذا يعزى الى زيادة عدد البالات عند رطوبة التربة 14% بينما سجلت رطوبة التربة 28% اقل عدد للبالات، كما يلاحظ أيضاً من الجدول ان اعلى تكلفة لعمل البالات كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي بمتوسط 715,938 دينار هـ-1 بينما اعطى المحراث الحفار اقل تكلفة بلغت 554,271 دينار هـ-1 وهذا يعزى ايضاً الى زيادة عدد البالات عند الحراثة بالمحراث القرصي بينما انخفض عدد البالات عند الحراثة بالمحراث الحفار. ويلاحظ من التداخلات ان اعلى تكلفة كانت عند الحراثة برطوبة تربة 14% بالمحراث القرصي بلغت 1,040,417 دينار هـ-1 واقل تكلفة كانت عند الحراثة برطوبة تربة 28% بالمحراث الحفار بلغت 310,833 دينار هـ-1 وللأسباب أعلاه.

#### جدول (53) تكلفة عمل البالات (دينار هـ-1)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |         |         | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|---------|---------|---------------|
|               | DP          | CH      | MB      |               |
| 808,889       | 917,917     | 740,000 | 768,750 | 7             |
| 905,000       | 1,040,417   | 808,750 | 865,833 | 14            |
| 429,583       | 496,667     | 357,500 | 434,583 | 22            |
| 359,861       | 408,750     | 310,833 | 360,000 | 28            |
|               | 715,938     | 554,271 | 607,292 | متوسط المحراث |

\*تكلفة عمل البالة 500 دينار X عدد البالات بالهكتار

#### 4. 1. 7. 4. التكاليف التسويقية Marketing costs

تمثلت التكاليف التسويقية بتكاليف نقل الحبوب من الحقل الى السايلو، يوضح الجدول 53 التكاليف التسويقية للحبوب اذ يلاحظ من الجدول 54 ان رطوبة التربة 14% اعطت اعلى تكاليف تسويقية بمتوسط بلغ 78,800 دينار هـ-1 بينما اعطت رطوبة التربة 28% اقل تكاليف تسويقية بمتوسط بلغ 17,733 دينار هـ-1 واعطت رطوبة التربة 7 و 22% تكاليف تسويقية بلغت 63,267 و 26,967 دينار هـ-1 على التوالي، وهذا يعزى الى زيادة انتاج الحبوب عند رطوبة التربة 14% مما يزيد من تكاليف نقلها على اساس الطن بينما انخفض الإنتاج عند الرطوبة 28% وبالتالي قلل من تكاليف التسويق. كما يلاحظ من الجدول 54 ان التكاليف التسويقية ازدادت عند استخدام المحراث القرصي اذ بلغت 54,200 دينار هـ-1 بينما انخفضت عند الحراثة بالمحراث الحفار بمتوسط بلغ 40,800 دينار هـ-1 واعطى المحراث المطرحي متوسط تكلفة بلغ 45,075 دينار هـ-1 ويعزى سبب الاختلاف الى كمية الإنتاج لكل محراث اذ اعطى المحراث القرصي اعلى انتاج للحبوب وبالتالي زيادة التكاليف التسويقية للمحراث. ويلاحظ ان اعلى تكاليف تسويقية كانت عند معاملة

التداخل ما بين رطوبة التربة 14% والمحراث القرصي بلغت 93,900 دينار هـ<sup>1</sup> و اقل تكاليف تسويقية كانت عند رطوبة التربة 28% والمحراث الحفار 15,600 دينار هـ<sup>1</sup> ولأسباب أعلاه.

#### جدول (54) التكاليف التسويقية للحبوب (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |        |        | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|--------|--------|---------------|
|               | DP          | CH     | MB     |               |
| 63,267        | 69,700      | 56,700 | 63,400 | 7             |
| 78,800        | 93,900      | 69,300 | 73,200 | 14            |
| 26,967        | 31,900      | 21,600 | 27,400 | 22            |
| 17,733        | 21,300      | 15,600 | 16,300 | 28            |
|               | 54,200      | 40,800 | 45,075 | متوسط المحراث |

\*تكلفة التسويق 10000 دينار للطن الواحد من الحبوب

#### 4. 7. 1. 5. التكاليف الكلية Total costs

تمثل التكاليف الكلية مجموع تكاليف الإنتاج المتمثلة بالتكاليف الثابتة والمتغيرة والتسويقية وعمل البالات، يوضح الجدول 55 التكاليف الكلية للإنتاج تحت تأثير عاملي الدراسة رطوبة التربة عند الحراثة ونوع المحراث اذ يلاحظ ان اعلى متوسط للتكاليف الكلية كان عند رطوبة التربة 14% بلغ 5,400,412 دينار هـ<sup>1</sup> و اقل تكلفة كلية كانت عند رطوبة التربة 28% بمتوسط بلغ 4,797,009 دينار هـ<sup>1</sup> اما التكاليف الكلية لرطوبة التربة 7 و 22% فبلغت 5,289,308 و 4,874,216 دينار هـ<sup>1</sup> ويعود سبب زيادة التكاليف عند رطوبة التربة 14% الى زيادة تكاليف عمل البالات والتكاليف التسويقية للحبوب بينما انخفضت هذه التكاليف عند رطوبة التربة 28% نتيجة انخفاض الانتاج. ويلاحظ أيضاً من الجدول ان الحراثة بالمحراث القرصي اعطت اعلى تكاليف كلية بمتوسط 5,188,215 دينار هـ<sup>1</sup> بينما اعطت الحراثة بالمحراث الحفار والمطرحي تكاليف كلية بلغت 5,009,637 و 5,072,858 دينار هـ<sup>1</sup> على التوالي وهذا يعزى الى زيادة التكاليف التسويقية وتكاليف عمل البالات عند الحراثة بالمحراث القرصي بينما انخفضت عند الحراثة بالمحراث الحفار نتيجة انخفاض انتاج محصول الحنطة. اما التداخلات فاعطت معاملة الحراثة برطوبة تربة 14% والمحراث القرصي اعلى تكاليف كلية بلغت 5,551,132 دينار هـ<sup>1</sup> و اقل تكاليف كلية بلغت 4,741,850 دينار هـ<sup>1</sup> عند معاملة الحراثة برطوبة تربة 28% ومحراث حفار.

جدول (55) التكاليف الكلية (دينار هـ-1)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |           |           | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
|               | DP          | CH        | MB        |               |
| 5,289,308     | 5,405,260   | 5,210,925 | 5,251,739 | 7             |
| 5,400,412     | 5,551,132   | 5,292,108 | 5,357,995 | 14            |
| 4,874,216     | 4,946,790   | 4,793,663 | 4,882,194 | 22            |
| 4,797,009     | 4,849,675   | 4,741,850 | 4,799,503 | 28            |
|               | 5,188,215   | 5,009,637 | 5,072,858 | متوسط المحراث |

4. 7. 2. الایراد الكلي Total return

تمثل الایراد الكلي بمجموع ایراد الحبوب المتمثل بالجدول 56 وإیراد القش المتمثل بالجدول 57 والایراد الكلي یوضح فی الجدول 58 اذ یلاحظ من الجدول 58 ان الایراد الكلي بلغ اعلى متوسط له عند الحراثة برطوبة تربة 14% بلغ 13,938,000 دينار هـ-1 بينما أعطت الحراثة برطوبة تربة 28% اقل ایراد كلي بمتوسط بلغ 4,386,222 دينار هـ-1 وكان الایراد الكلي للرطوبات 7 و 22% بلغ 11,848,778 و 5,728,833 دينار هـ-1 ویعود سبب ذلك الى زیادة حاصل الحبوب والوزن الجاف عند رطوبة التربة 14% مما یزید من الایراد الكلي للحاصل. كما یلاحظ ان اعلى ایراد كلي كان عند الحراثة بالمحراث القرصي بمتوسط بلغ 10,334,500 دينار هـ-1 واقل ایراد كلي كان عند الحراثة بالمحراث الحفار بمتوسط بلغ 7,902,167 دينار هـ-1 اما الحراثة بالمحراث المطرحي فبلغ متوسط الایراد الكلي 8,689,708 دينار هـ-1 وهذا یعود الى زیادة الإنتاج للحبوب والقش (الوزن الجاف) عند الحراثة بالمحراث القرصي وبالتالي زیادة الایراد الكلي. اما عوامل التداخل فقد اعطت معاملة الحراثة برطوبة تربة 14% ومحراث قرصي اعلى ایراد كلي بلغ 16,304,833 دينار هـ-1 بينما اعطت معاملة الحراثة برطوبة تربة 28% ومحراث حفار اقل ایراد كلي بلغ 1,326,000 دينار هـ-1.

جدول (56) الايراد الكلي للحبوب (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |           |           | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
|               | DP          | CH        | MB        |               |
| 5,377,667     | 5,924,500   | 4,819,500 | 5,389,000 | 7             |
| 6,698,000     | 7,981,500   | 5,890,500 | 6,222,000 | 14            |
| 2,292,167     | 2,711,500   | 1,836,000 | 2,329,000 | 22            |
| 1,507,333     | 1,810,500   | 1,326,000 | 1,385,500 | 28            |
|               | 4,607,000   | 3,468,000 | 3,831,375 | متوسط المحراث |

جدول (57) الايراد الكلي للقش (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |           |           | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
|               | DP          | CH        | MB        |               |
| 6,471,111     | 7,343,333   | 5,920,000 | 6,150,000 | 7             |
| 7,240,000     | 8,323,333   | 6,470,000 | 6,926,667 | 14            |
| 3,436,667     | 3,973,333   | 2,860,000 | 3,476,667 | 22            |
| 2,878,889     | 3,270,000   | 2,486,667 | 2,880,000 | 28            |
|               | 5,727,500   | 4,434,167 | 4,858,333 | متوسط المحراث |

جدول (58) الايراد الكلي للحبوب والقش (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |            |            | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|------------|------------|---------------|
|               | DP          | CH         | MB         |               |
| 11,848,778    | 13,267,833  | 10,739,500 | 11,539,000 | 7             |
| 13,938,000    | 16,304,833  | 12,360,500 | 13,148,667 | 14            |
| 5,728,833     | 6,684,833   | 4,696,000  | 5,805,667  | 22            |
| 4,386,222     | 5,080,500   | 3,812,667  | 4,265,500  | 28            |
|               | 10,334,500  | 7,902,167  | 8,689,708  | متوسط المحراث |

#### 4. 7. 3. صافي الدخل الكلي Total net income

يوضح الجدول 59 صافي الدخل الكلي الذي يمثل الايراد الكلي مطروح منه التكاليف الكلية، اذ يلاحظ ان اعلى صافي للدخل كان عند الحراثة برطوبة تربة 14% بمتوسط 8,537,588 دينار هـ<sup>1</sup> بينما بلغ اقل صافي دخل بمتوسط خسارة -410,787 دينار هـ<sup>1</sup> في حين اعطت رطوبة التربة 7 و22% صافي دخل بمتوسط

6,559,470 و 854,617 دينار هـ<sup>1</sup> على التوالي، ويعزى سبب زيادة الأرباح عند الرطوبة 14% الى زيادة الايراد الكلي مقارنة بالتكاليف الكلية بينما كان الايراد الكلي اقل من التكاليف الكلية عند رطوبة التربة 28%. كما يلاحظ ان اعلى صافي للدخل سجل عند الحراثة بالمحراث القرصي ثم المطرحي واعطى المحراث الحفار اقل صافي للدخل بمتوسط بلغ 5,146,286 و 3,616,850 و 2,892,530 دينار هـ<sup>1</sup> للمحراث القرصي والمطرحي والحفار على التوالي، ويعزى سبب ذلك الى زيادة الايراد الكلي للمحراث القرصي مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار. كما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة تربة 14% اعلى صافي للدخل بلغ 10,753,701 دينار هـ<sup>1</sup> بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 28% اعلى خسارة لصافي للدخل بلغ -929,184 دينار هـ<sup>1</sup>.

#### جدول (59) صافي الدخل (دينار هـ<sup>1</sup>)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |           |           | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
|               | DP          | CH        | MB        |               |
| 6,559,470     | 7,862,573   | 5,528,575 | 6,287,261 | 7             |
| 8,537,588     | 10,753,701  | 7,068,392 | 7,790,671 | 14            |
| 854,617       | 1,738,043   | -97,663   | 923,472   | 22            |
| -410,787      | 230,825     | -929,184  | -534,003  | 28            |
|               | 5,146,286   | 2,892,530 | 3,616,850 | متوسط المحراث |

#### 4.7.4. الربحية الإنتاجية Production profitability

وهي النسبة المئوية للأرباح الكلية (صافي الدخل) الى التكاليف الكلية اذ يلاحظ من الجدول 60 ان اعلى متوسط ربحية إنتاجية بلغ 157.56% عند رطوبة تربة 14% بينما بلغت اقل ربحية إنتاجية بمتوسط -8.65% عند رطوبة تربة 28% بينما بلغت الربحية الإنتاجية عند رطوبة تربة 7 و 22% بمتوسط 123.76% و 17.34%، ويعزى سبب تفوق رطوبة التربة 14% الى زيادة صافي الدخل نسبة الى التكاليف الكلية بينما تناقص صافي الدخل عند رطوبة التربة 28%. كما يلاحظ ان اعلى إنتاجية ربحية كانت عند الحراثة بالمحراث القرصي بمتوسط بلغ 94.77% بينما تناقصت عند المحراث المطرحي والحفار بمتوسط بلغ 68.23 و 54.51% على التوالي ويعزى ذلك الى زيادة صافي الدخل بالنسبة الى التكاليف الكلية للمحراث القرصي مقارنة بالمحراث المطرحي والحفار. اعطت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي عند رطوبة تربة 14% اعلى ربحية

إنتاجية بلغت 193.72% بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 28% اقل نسبة صافي دخل الى التكاليف الكلية بلغ -19.60%.

#### جدول (60) الربحية الإنتاجية (%)

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |        |        | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|--------|--------|---------------|
|               | DP          | CH     | MB     |               |
| 123.76        | 145.46      | 106.10 | 119.72 | 7             |
| 157.56        | 193.72      | 133.56 | 145.40 | 14            |
| 17.34         | 35.13       | -2.04  | 18.92  | 22            |
| -8.65         | 4.76        | -19.60 | -11.13 | 28            |
|               | 94.77       | 54.51  | 68.23  | متوسط المحراث |

#### 4. 7. 5. عائد الدينار المستثمر Return on invested dinar

يوضح الجدول 61 قيم عائد الدينار المستثمر الذي يمثل نسبة الايراد الكلي الى التكاليف الكلية اذ يلاحظ ان اعلى عائد للدينار كان عند الحراثة برطوبة تربة 14% بمتوسط بلغ 2.58 بينما بلغ اقل عائد للدينار بمتوسط 0.91 عند الحراثة برطوبة تربة 28% واعطت رطوبة التربة 7 و22% عائد دينار بمتوسط 2.24 و1.17 ويعزى سبب تفوق الرطوبة 14% الى زيادة الايراد الكلي الى التكاليف الكلية مقارنة بالرطوبات الأخرى، كما يلاحظ من الجدول ان الحراثة بالمحراث القرصي سجلت اعلى عائد للدينار المستثمر بمتوسط بلغ 1.95 بينما أعطت الحراثة بالمحراث المطرحي والحفار عائد دينار بلغ 1.68 و1.55 على التوالي ويعود سبب اعطاء المحراث القرصي اعلى عائد الى ارتفاع الايراد الكلي بالنسبة الى التكاليف الكلية. واعطت معاملة الحراثة بالمحراث القرصي برطوبة تربة 14% اعلى عائد للدينار بلغ 2.94 بينما اعطت معاملة الحراثة بالمحراث الحفار برطوبة تربة 28% اقل عائد للدينار المستثمر بلغ 0.80.

#### جدول (61) عائد الدينار المستثمر

| متوسط الرطوبة | نوع المحراث |      |      | الرطوبة %     |
|---------------|-------------|------|------|---------------|
|               | DP          | CH   | MB   |               |
| 2.24          | 2.45        | 2.06 | 2.20 | 7             |
| 2.58          | 2.94        | 2.34 | 2.45 | 14            |
| 1.17          | 1.35        | 0.98 | 1.19 | 22            |
| 0.91          | 1.05        | 0.80 | 0.89 | 28            |
|               | 1.95        | 1.55 | 1.68 | متوسط المحراث |

## 5. الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and recommendations

### 5.1. الاستنتاجات Conclusions

من خلال نتائج الدراسة نستنتج ما يلي:

1- تفوق رطوبة التربة عند الحراثة 14% بالحصول على أفضل النتائج للخصائص الميكينة اذ تفوقت بصفة قوة السحب وكفاءة السحب والنسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة للانزلاق والمقاومة النوعية واستهلاك الوقود الزمني واستهلاك الوقود على أساس المساحة واستهلاك الوقود على أساس قدرة السحب ومظهر الحراثة كما تفوقت بخصائص التربة في الكثافة الظاهرية والمسامية الكلية ومقاومة التربة للاختراق والايصالية الكهربائية للتربة وتفوقت بخصائص الحاصل بصفة ارتفاع النبات والوزن الجاف وحاصل الحبوب.

2- تفوق الحراثة بالمحراث القرصي بمعظم الخصائص الميكينة وخصائص التربة والحاصل اذ تفوق بصفة قوة السحب وقدرة السحب والنسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة واستهلاك الوقود الزمني واستهلاك الوقود النوعي والكثافة الظاهرية والمسامية الكلية والايصالية الكهربائية للتربة وارتفاع النبات والوزن الجاف وحاصل الحبوب بينما تفوق المحراث المطرحي القلاب بصفة كفاءة السحب وتفوق المحراث الحفار بصفة المقاومة النوعية واستهلاك الوقود على أساس المساحة ومظهر الحراثة.

3- تفوق عمق الحراثة 15 سم بمعظم الخصائص الميكينة اذ تفوق بقوة السحب وقدرة السحب والنسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة للانزلاق واستهلاك الوقود الزمني واستهلاك الوقود على أساس المساحة ومظهر الحراثة بينما تفوق العمق 20 سم بأعلى كفاءة سحب وتفوق العمق 25 سم بأقل مقاومة نوعية واكل استهلاك وقود نوعي.

4- تفوق السرعة 1.83 كم ساعة<sup>1</sup> بمعظم الخصائص الميكينة اذ تفوقت بقوة السحب وقدرة السحب وكفاءة السحب والنسبة المئوية للانزلاق والقدرة المفقودة والمقاومة النوعية واستهلاك الوقود الزمني، بينما تفوقت السرعة 5.22 كم ساعة<sup>1</sup> بصفة استهلاك الوقود على أساس المساحة واستهلاك الوقود النوعي ومظهر الحراثة.

5- أسهم استخدام البرامج Design Expert و ArcGIS وجهاز SpectroRadiometer في تعزيز دقة التحليل والتنبؤ، من خلال توفير معادلات تنبؤية عالية الارتباط للصفات الميكانيكية وخصائص التربة والحاصل، وتحديد التوزيع المكاني ومديات القيم للخصائص المدروسة، فضلاً عن الحصول على بصمات طيفية دقيقة تُستخدم لتقدير الخصائص اعتماداً على الانعكاس الطيفي لمستويات الرطوبة.

6- أعطت الحراثة برطوبة تربة 14% وبمحراث قرصي اعلى تكاليف اقتصادية وبذات الوقت تفوقت بتسجيل اعلى ايراد كلي وصافي دخل وربحية إنتاجية وعائد الدينار للمستثمر بينما أعطت الحراثة برطوبة تربة 28% ومحراث حفار اقل تكاليف اقتصادية وايراد كلي وصافي دخل وربحية إنتاجية وعائد الدينار للمستثمر.

## 5.2. التوصيات Recommendations

- 1- يوصى بأجراء عملية الحراثة عند رطوبة تربة 14% نتيجة تحقيقها أفضل النتائج للخصائص الميكانيكية وخصائص التربة واعلى انتاج للمحصول واعلى ايراد وصافي دخل لزيادة الأرباح.
- 2- يوصى باستخدام المحراث القرصي تحت ظروف الدراسة لتحقيقه أفضل النتائج للخصائص الميكانيكية وخصائص التربة فضلاً عن زيادة الإنتاج والارباح.
- 3- يوصى بالعمل بسرعة 3.06 كم ساعة<sup>-1</sup> كسرعة متوسطة للعمل للحصول على نتائج متوسطة للخصائص الميكانيكية تحت ظروف الدراسة.
- 4- يوصى باستخدام المعادلات التنبؤية الواردة في الدراسة للتنبؤ بالخصائص الميكانيكية وخصائص التربة تحت ظروف الدراسة.
- 5- يوصى باستخدام المرئيات الفضائية وجهاز SpectroRadiometer للحصول على بصمة طيفية يمكن من خلالها التنبؤ بالخصائص الميكانيكية وخصائص التربة مما يوفر الجهد والتكاليف لقياس هذه الخصائص.
- 6- يوصى بأجراء المزيد من الدراسات للتنبؤ بالخصائص الميكانيكية وخصائص التربة تحت ظروف دراسة مختلفة ومحاصيل اخرى باستخدام الشبكات العصبية والمرئيات الفضائية.

## 6. المصادر Reference

### 6.1. المصادر العربية

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 لموحدة المكنية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 47(5): 1201-1196.

جاسم، عبد الرزاق عبد اللطيف وعبد الحسين غانم صخي وعبد العزيز عباس عزيز (2017). موسوعة المكنات والمعدات والآلات الزراعية، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، جمهورية العراق.

جبر، حسين عباس وياسر عبد الرزاق الصباح (2017). تأثير مستوى رطوبة التربة وبعض معدات الحراثة الأولية في كفاءة الاداء تحت سرع امامية مختلفة للوحدة الميكنية. مجلة القادسية للعلوم الزراعية، 2(7): 192-204.

الجبوري، موسى عبد شوجة (2011). تأثير نوعين من المحاربت و رطوبة 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.

الجراح، مثنى عبد المالك (2011). تأثير ضغط انتفاخ الإطارات وعمق الحراثة والسرعة الأمامية في بعض مؤشرات الأداء الحقلية للساحبة. مجلة زراعة الرافدين، 39(3): 197-188.

حسين، عمر غسان ومحمد عبد منحي وقاسم موسى مدلول (2013). دراسة تأثير رطوبة التربة قبل الحراثة وضغط أطارات الجرار القائدة في كفاءة أداء الوحدة الميكانيكية. مجلة الزراعة العراقية (البحثية)، 18(1): 73-83.

خيرت، ضيف (1979). المحاسبة والتكاليف الزراعية. دار النهضة العربية. بيروت.  
داود، شيماء سامي (2011). اثر نظم الحراثة المختلفة في بعض الصفات الفيزيائية للتربة واثر ذلك في نمو وحاصل الحنطة. *Triticum aestivum* L. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 3(2): 357-363.  
دحام، غزوان احمد (2018). دراسة تأثير بعض العوامل الحقلية في تحديد اداء الساحة الزراعية. مجلة زراعة الرافدين، 46(4): 269-279.

الدوسري، محمود جاسم عبد الجليل (2023). تأثير معدات التنعيم وإضافة المخلفات العضوية في بعض المؤشرات الميكانيكية وصفات التربة ونمو وحاصل الشوفان *Avena sativa* L. رسالة ماجستير. قسم المكائن والالات الزراعية، 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 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.

روضان، سيف احمد (2012). تأثير رطوبة التربة وعمق الحراثة في بعض المؤشرات الفنية لاداء الوحدة الميكانيكية عند استعمال المحراث الحفار. المؤتمر العلمي الثاني لكلية الزراعة. جامعة كربلاء.

زيدان، صفاء علي (2020). تأثير نظم الحراثة في حاصل ونوعية بعض أصناف من الذرة الصفراء (*Zea mays* L.). رسالة ماجستير. قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

السامرائي، هاشم علوان (2014). إدارة الاعمال الزراعية. دار اليازوري العلمية

الشجيري، تحسين علاوي وعبد الرزاق عبد اللطيف جاسم (2010). تأثير الاوزان المضافة للاطارات الخلفية للساحة ونوع المحراث في بعض مؤشرات الاداء للوحدة الميكانيكية. مجلة التقني: 23(2): 220-228.

الشريفي، صالح كاظم علوان (2009). تأثير نوعين من المحارِيث باعماق وسرع مختلفة في اداء الوحدة الميكانيكية وبعض صفات التربة الفيزيائية. مجلة جامعة بابل، 17(1): 182-205.

شمخي، ازهر جهاد عبد السادة (2023). التنبؤ برص التربة باختلاف نوع المحراث واستخدام منظومة الكترونية مطوره في قياس المؤشرات الميكانيكية تحت ظروف تشغيلية مختلفة. رسالة ماجستير. قسم المكائن والالات الزراعية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

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.

صبار، زين العابدين انس (2024). استخدام الشبكات العصبية في التنبؤ بمتطلبات الطاقة للساحبات ذات الدفع الرباعي من خلال تصميم منظومة قياس الكترونية. رسالة ماجستير. قسم المكائن والالات الزراعية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

الطالباني، جنان حكمت نامق (2006). مقارنة نوعين من المحارِيث في مظهر الحراثة وبعض المؤشرات الفنية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 37(5): 87-92.

الطالباني، جنان حكمت نامق وتركي مفتن سعد (2018). تأثير رطوبة التربة واعماق الحراثة في بعض المؤشرات الفنية باستعمال المحراث القرصي الثلاثي. المجلة العراقية لعلوم التربة، 18(1): 36-42.

الطائي، ياسر فزع محمود وياسين هاشم الطحان وصلاح الدين عبد العزيز (2013). تأثير بعض أنواع المحارِيث 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 وفارس عبد الله حامد (2009). الآثار الاقتصادية لنظم حراثة مختلفة في زراعة نوعين من الحنطة تحت ظروف الزراعة الديمية. مجلة زراعة الرافدين، 37(4): 167-173.

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 الرافدين، 16(2): 14-20.

عاشور، ضياء سباهي (2016). تأثير نوع المحراث وعمق وسرعة الحراثة في الإنتاجية العملية وحجم التربة المثار ودليل التفنتيت. مجلة جامعة ذي قار للبحوث الزراعية، 5(2): 67 – 79.

عامر، خالد زمام (2017). تأثير سرع مختلفة لنوعين من المحاربت في بعض مؤشرات الاداء للوحدة الميكنية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48(4): 1147-1141.

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، حسين زكي (2024). محاكاة تأثير توزيع الاوزان الإضافية على أداء الجرار باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية والنماذج الرياضية تحت ظروف تشغيلية مختلفة. رسالة ماجستير. قسم المكنات والالات الزراعية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

عداي، شاكر حنتوش (2016). ميكانيك أداء ساحبات الجزء الأول. دار الكفيل للطباعة والنشر والتوزيع. العراق.

العطب، صلاح مهدي سلطان (2008). التغيرات في خصائص التربة وتصنيفها لبعض مناطق محافظة البصرة. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

الكرخي، فراس ذياب عبد واياح 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.

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.

مجيد، حسين سلمان (2023). تصميم وتصنيع منظومة الكترونية لاسلكية لتقييم الاداء الحقلي للجرار والمعدات الزراعية. رسالة ماجستير. قسم المكنات والالات الزراعية، 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.

ملي، علي (2016). تأثير أنظمة حراثة مختلفة في بعض الخواص الفيزيائية للتربة وتكاليف تشغيل الآلات والغلة الحبية لمحصول القمح دراسة بحثية. المجلة العربية للعلوم و نشر الأبحاث، 2(2): 107-107. الموسى، مصطفى فاضل حسين (2020). تأثير نظم الحراثة وإضافة المحسنات في بعض صفات التربة ونمو وحاصل الحنطة (*Triticum aestivum* L.) ومؤشرات أداء الوحدة الميكانيكية في الترب الطينية. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

المياحي، حسين عبد النبي جويد (2014). تأثير الحراثة العميقة في تكسير وتفكيك الطبقة الصماء وملوحة التربة وغيض الماء التجمعي ومعدل الغيوض في التربة الطينية. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 27(2): 147-125.

المياحي، مصطفى صالح علي (2024). فصل الوحدات الفيزيوجرافية وتقييم ملائمة الأراضي للأغراض الزراعية باستعمال التقانات الجيومكانية شمال محافظة البصرة. أطروحة دكتوراه. قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

ناصر، عقيل جوني (2014). متطلبات طاقة تفتيت المشط القرصي المزدوج عند سرع أمامية وأعماق تنعيم مختلفة. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 27(1): 289-275.

ناصر، عقيل جوني (2023). تصميم وتصنيع آلة تهيئة التربة المركبة وتقييم أدائها الميكانيكي والاقتصادي وتأثيرها في بعض خصائص التربة ومؤشرات نمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays* L.). أطروحة دكتوراه. قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

ناصر، عقيل جوني وعباس عبد الحسين مشعل ومروان نوري رمضان (2016a). تأثير المحتوى الرطوبي للتربة في متطلبات طاقة التفتيت للمحراث المطرحي في تربة مزيجه غرينية. مجلة البصرة للعلوم الزراعية، 29(2): 220-205.

ناصر، عقيل جوني ومروان نوري رمضان وصادق جبار محسن (2016b). دراسة متطلبات السحب وصفات الحراثة للمحراث الحفار في تربة طينية غرينية. مجلة المثنى للعلوم الزراعية، 4(1): 100-119.

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 وانتاجية زهرة الشمس (*Helianthus annus L.*). رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة البصرة – العراق.

الهاشم، حسن بن أحمد السيد وعبد الرحمن بن محمد المدني (2007). تأثير وزن الجرار الزراعي ومستوى رطوبة التربة عند الحراثة على بعض صفات التربة الفيزيائية وإنتاجية محصول الشعير بواحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية. مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي، 28 (3): 184-193.

## 2.6. المصادر الأجنبية

**Afshar, R. K., Cabot, P., Ippolito, J. A., Dekamin, M., Reed, B., Doyle, H., and Fry, J. (2022).** Corn productivity and soil characteristic alterations following transition from conventional to conservation tillage. *Soil and Tillage Research*, 220, 105351.

**Ahmadi, H., and Mollazade, K. (2009).** Effect of plowing depth and soil moisture content on reduced secondary tillage. *Agricultural Engineering International: The CIGR EJournal*, 11, 1-9.

**Ahmadi, I., and Gaur, H. (2015).** Effects of soil moisture content and tractor wheeling intensity on traffic-induced soil compaction. *Journal of Central European Agriculture*, 16(4): 489-502.

**Ajav, E. A., and Adewoyin, A. O. (2012).** Effect of ploughing depth and speed on tractor fuel consumption in a sandy-loam soil of Oyo State-Nigeria. *Journal of Agricultural Engineering and Technology*, 20(2), 1-10.

**Akbarnia, A. and F. Farhani (2014).** Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, 60(4): 142-147.

- Akbarnia, A., Farhani, F., and Heidary, B. (2013).** Economic comparison of tillage and planting operations in three tillage systems. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(4): 180-184.
- 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.
- Alam, M. K., and Salahin, N. (2013).** Changes in soil physical properties and crop productivity as influenced by different tillage depths and cropping patterns.
- Alameri, H., and Almaliki, S. (2022).** Designing an electronic system to measure the performance indicators of the tractor-implement system. *Ann. For. Res*, 65(1): 6182-6200.
- Alamooti, M. Y., and Hosseini, M. S. (2023).** -Effect of Tillage Methods on Oxygen Diffusion Rate (ODR), Power and Fuel Requirements, Some Soil Physical Properties and Wheat Yield:-. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 25(3).
- Alavijeh, H. R. G., Chenarbon, H. A., Zand, B., and Hamidi, M. (2014).** Effects of different tillage methods on soil physical properties, grain and forage yield of two cultivars maize.
- Ali, M.A. (2018).** Study the impact of plow and harrow type on some technical - economical indicators of the machinery unit. *Int. Journal Agriculture Stat. Science*, 14(1): 293-298.
- Almaliki, S. (2017).** Development and Evaluation of Models for MF-285 Tractor Performance Parameters Using Computational Intelligence Techniques. Ph.D. Dissertation. University of Tehran, Iran, pp: 215.

- Almaliki, S. (2018).** Simulation of draft force for three types of plow using response surface method under various field conditions. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences* , 49 (6).
- 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.
- Alsayim, H. E. H., El-Mahdi, A. R. A., and Nayel, M. H. (2021).** The Effects of Tillage Systems on Some Soil Physical Properties and Grain Yield of Bread Wheat Under Tropical Conditions. *Agricultural and Biological Sciences Journal*, 7(1): 20-26.
- Al-Suhaibani, S. A., Wahby, M. F., Aboukarima, A. M., and Tabash, I. S. (2015).** Study on the effect of soil moisture content and plowing speed on draft requirements of a moldboard plow. *Journal of Advances in Agriculture*, 4(3): 477-486.
- Amami, R., Ibrahim, K., Sher, F., Milham, P. J., Khriji, D., Annabi, H. A., and Chehaibi, S. (2021).** Effects of conservation and standard tillage on soil physico-chemical properties and overall quality in a semi-arid agrosystem. *Soil Research*, 60(6): 485-496.
- Amin, M., Khan, M. J., Jan, M. T., Rehman, M. U., Tariq, J. A., Hanif, M., and Shah, Z. (2014).** Effect of different tillage practices on soil physical properties under wheat in semi-arid environment. *Soil Environ*, 33(1): 33-37.
- Amponsah, S. K., Bobobee, E. Y., Agyare, W. A., Okyere, J. B., Aveyire, J., King, S. R., and Sarkodie-Addo, J. (2014).** Mechanical cassava harvesting as influenced by seedbed preparation and cassava variety. *Applied Engineering in Agriculture*, 30(3), 391- 403.

- Aridhee, J. K. A., Abood, A. M., Kassar, F. H., Łysiak, G., and Dakhil, M. M. (2020).** Influence of tractor slip on some physical properties of the soil and fuel consumption at varying tillage depths and speed. *Plant Archives*, 20(1), 141-145.
- 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.
- Balážová, K., Chyba, J., Kumhálová, J., Mašek, J., and Petrásek, S. (2021).** Monitoring of Khorasan (*Triticum turgidum* ssp. *Turanicum*) and Modern Kabot Spring Wheat (*Triticum aestivum*) Varieties by UAV and Sensor Technologies under Different Soil Tillage. *Agronomy*, 11(7): 1348.
- Beeson, P. C., Daughtry, C. S., and Wallander, S. A. (2020).** Estimates of conservation tillage practices using landsat archive. *Remote Sensing*, 12(16): 2665.
- Biberdzic, M., Barac, S., Lalevic, D., Djikic, A., Prodanovic, D., and Rajcic, V. (2020).** Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean journal of agricultural research*, 80(1): 80-89.
- Black, C. A. (1965).** *Methods of soil analysis Part 1, Part 1.* Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy.
- 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.

**Calcante, A., and Oberti, R. (2019).** A technical-economic comparison between conventional tillage and conservative techniques in paddy-rice production practice in northern Italy. *Agronomy*, 9(12): 886.

**Cociu, A. I., and Alionte, E. (2017).** Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions. *Romanian Agricultural Research*, (34): 59-67.

**Copec, K., Filipovic, D., Husnjak, S., Kovacev, I., and Kosutic, S. (2015).** Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant Soil Environ*, 61(5): 213–219.

**Decker, J. E., Epplin, F. M., Morley, D. L., and Peeper, T. F. (2009).** Economics of five wheat production systems with no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal*, 101(2): 364-372.

**Dekemati, I., Bogunovic, I., Kisic, I., Radics, Z., Szemők, A., and Birkás, M. (2019).** The effects of tillage-induced soil disturbance on soil quality. *Polish journal of environmental studies*, 28(5): 3665-3673.

**Gawęda, D., and Haliniarz, M. (2021).** Grain yield and quality of winter wheat depending on previous crop and tillage system. *Agriculture*, 11(2): 133.

- Ghali, A. A. (2019).** Effect of soil moisture and tillage depth on some mechanical properties for tillage machines type (moldboard plow). *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*, 27(2): 195-207.
- Gholami, A., Asgari, H. R., and Zeinali, E. (2014).** Effect of different tillage systems on soil physical properties and yield of wheat (Case study: Agricultural lands of Hakim Abad village, Chenaran township, Khorasan Razavi province). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(5): 1513-1524.
- Gill, W.R. and G.E. Vandenberg (1968).** Soil dynamics in tillage and traction. Agricultural research service United state Department of Agriculture.
- Gülser, F., Salem, S., and Gülser, C. (2020).** Changes in some soil properties of wheat fields under conventional and reduced tillage systems in Northern Iraq. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4): 314-320.
- Hamid, A. A. A., and Alsabbagh, A. R. A. (2023).** Effect of Moldboard types, Two depths of Tillage and Two speeds of Tractor in some Physical Properties and Pulverization of Soil. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, 15(1): 105-116.
- Hedayatipoor, A. and Alamooti, M. Y. (2020).** Effect of conservative tillage on physical properties of soil and yield of rainfed wheat. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(1): 48-53.
- Hernández, T. D. B., Slater, B. K., Corbalá, R. T., and Shaffer, J. M. (2019).** Assessment of long-term tillage practices on physical properties of two Ohio soils. *Soil and Tillage Research*, 186, 270-279.

- Holka, M., and Bieńkowski, J. (2020).** Carbon footprint and life-cycle costs of maize production in conventional and non-inversion tillage systems. *Agronomy*, 10(12): 1877.
- Husnain, M., Bukhsh, M. A. H. A., Iqbal, J., Khaliq, T., and Zamir, S. I. (2011).** Agro-economic response of two wheat varieties under different tillage practices. *Crop and Environment*, 2, 1-7.
- Jabran, K., and Aulakh, A. (2015).** Higher yield and economic benefits for wheat planted in conservation till systems. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 25(1): 78-83.
- Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. M., and Evans, R. G. (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.
- Jacobs, C.O. and W.R. Harrol. (1983).** *Agricultural Power and Machinery*. McGraw Hil Press, New York.
- Jamshidi, A. R., and Afrous, A. (2015).** Effect of soil moisture and tractor speed on soil physical properties and Barley yield in Shoushtar region. *Journal of Scientific Research and Development*, 2(2): 79-82.
- Jasim, A. A., and Saadoon, S. F. (2020).** Effect of Soil Moisture and Pulverization Implements on Tillage Appearance and Soil Properties. *Diyala Agricultural Sciences Journal*, 12(2): 40-50.
- Jebur, H. A. (2016).** Determination and analysis of gross power losses for the farm tractor using prediction equations during field operations. *Elixir International Journal*, 99, 43208-43215.

- Jebur, H., and Alsayyah, Y. (2017).** Study of the soil moisture content and the tractor speed on the performance efficiency of the machinery unit. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 10(5): 65 -70.
- Jug, D., Stipešević, B., Zbreveć ugec, I., Jug, I., and Stošić, M. (2007).** Economic evaluation of winter wheat production in different soil tillage systems.
- Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipesevic, B., and Stosic, M. (2011).** Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 35(1): 1-7.
- Kareem, K. I., and Sve, P. (2019).** Effect of Ploughing Depth, Tractor forward speed, and plough types on the fuel consumption and tractor performance. *Polytechnic Journal*, 9(1): 9.
- Khakbazan, M., and Hamilton, C. (2012).** Economic evaluation of tillage management practices at the watershed scale in southern Manitoba. *Soil and Tillage Research*, 118, 40-51.
- 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.
- Kim, W. S., Kim, Y. J., Park, S. U., and Kim, Y. S. (2021).** Influence of soil moisture content on the traction performance of a 78-kW agricultural tractor during plow tillage. *Soil and Tillage Research*, 207, 104851.
- Kim, W. S., Kim, Y. J., Park, S. U., Nam, K. C., and Choi, C. H. (2019).** Analysis of traction performance for an agricultural tractor according to soil moisture content during plow tillage. In 2019 ASABE Annual

International Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

**Koch, H. J., Heuer, H., Tomanová, O., and Märlander, B. (2008).** Cumulative effect of annually repeated passes of heavy agricultural machinery on soil structural properties and sugar beet yield under two tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 101(1-2): 69-77.

**Kostić, M. M., Rakić, D. Z., Savin, L. Đ., Dedović, N. M., and Simikić, M. Đ. (2016).** Application of an original soil tillage resistance sensor in spatial prediction of selected soil properties. *Computers and electronics in agriculture*, 127, 615-624.

**Kuhwald, M., Blaschek, M., Minkler, R., Nazemtseva, Y., Schwanebeck, M., Winter, J., and Duttmann, R. (2016).** Spatial analysis of long-term effects of different tillage practices based on penetration resistance. *Soil Use and Management*, 32(2): 240-249.

**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.

**Kushwah, A., Chouriya, A., Tewari, V. K., Gupta, C., Chowdhury, M., Shrivastava, P., and Bhagat, P. (2024).** A novel embedded system for tractor implement performance mapping. *Cogent Engineering*, 11(1): 2311093.

**Li, J., Yu, W., Du, J., Song, K., Xiang, X., Liu, H., and Sun, Y. (2023).** Mapping Maize Tillage Practices over the Songnen Plain in Northeast China Using GEE Cloud Platform. *Remote Sensing*, 15(5): 1461.

- Lopez G.R.; V. L. Maria, M. Sebastiana and M. Felix (2010).** Effect of tillage systems on soil aggregation and hydraulic properties in SW Spain. 19th World Congress of Soil Sci, Soil Solution for a Changing World. 62-65.
- Luotamo, M., Yli-Heikkilä, M., and Klami, A. (2022).** Density estimates as representations of agricultural fields for remote sensing-based monitoring of tillage and vegetation cover. *Applied Sciences*, 12(2): 679.
- Mamkagh, A. M. (2019).** Effect of soil moisture, tillage speed, depth, ballast weight and, used implement on wheel slippage of the tractor: A review. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 9(1): 1-7.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., Pino, V., Silva, P., and Acevedo, E. (2013).** Chemical and biological properties as affected by no-tillage and conventional tillage systems in an irrigated Haploxeroll of Central Chile. *Soil and Tillage Research*, 126, 238-245.
- Martin-Gorriz, B., Maestre-Valero, J. F., Almagro, M., Boix-Fayos, C., and Martínez-Mena, M. (2020).** Carbon emissions and economic assessment of farm operations under different tillage practices in organic rainfed almond orchards in semiarid Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 261, 108978.
- Martins, R. N., Portes, M. F., e Moraes, H. M. F., Junior, M. R. F., Rosas, J. T. F., and Junior, W. D. A. O. (2021).** Influence of tillage systems on soil physical properties, spectral response and yield of the bean crop. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22, 100517.
- 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.
- Moeinfar, A., Mousavi-Seyedi, S. R., and Kalantari, D. (2014).** Influence of tillage depth, penetration angle and forward speed on the soil/thin-blade interaction force. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(1), 69-74.
- Moghimi, A., Yang, C., and Anderson, J. A. (2020).** Aerial hyperspectral imagery and deep neural networks for high-throughput yield phenotyping in wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105299.
- Moitzi, G., Weingartmann, H., and Boxberger, J., (2006).** Effects of tillage systems and wheel slip on fuel consumption. *The Union of Scientists Rouse: Energy Efficiency and Agricultural Engineering*. 7. - 9. June. Rouse. Bulgaria. 237-242.
- Molenhuis, J. R. (2020).** Budgeting Farm Machinery Costs. In *Published by the Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs Canada*. 1-75.
- 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.
- Naderi Khorasgani, M., Haj Hassani, G., Mohammadi, J., and Karimi, A. (2022).** The effect of different tillage instruments on some soil physical characteristics and soil translocation. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(2): 137-152.
- Nassir, A. J. (2018).** Effect of moldboard plow types on soil physical properties under different soil moisture content and tractor speed. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 31(1): 48-58.
- Nassir, A. J., Akram, A. A., and Muhsin, S. J. (2023).** Effect of Tillage Methods on Some Physical Properties of Soil and Yield Components Oats (*Avena sativa* L.). *Euphrates Journal of Agricultural Science*, 2(15).
- 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.*
- Poozesh, M., Mohtasebi, S. S., Ahmadi, H., and Asakereh, A. (2012).** Determination of appropriate time for farm tractors replacement based on Economic analysis. *Elixir Control Engineering*, 47(May): 8684–8688.

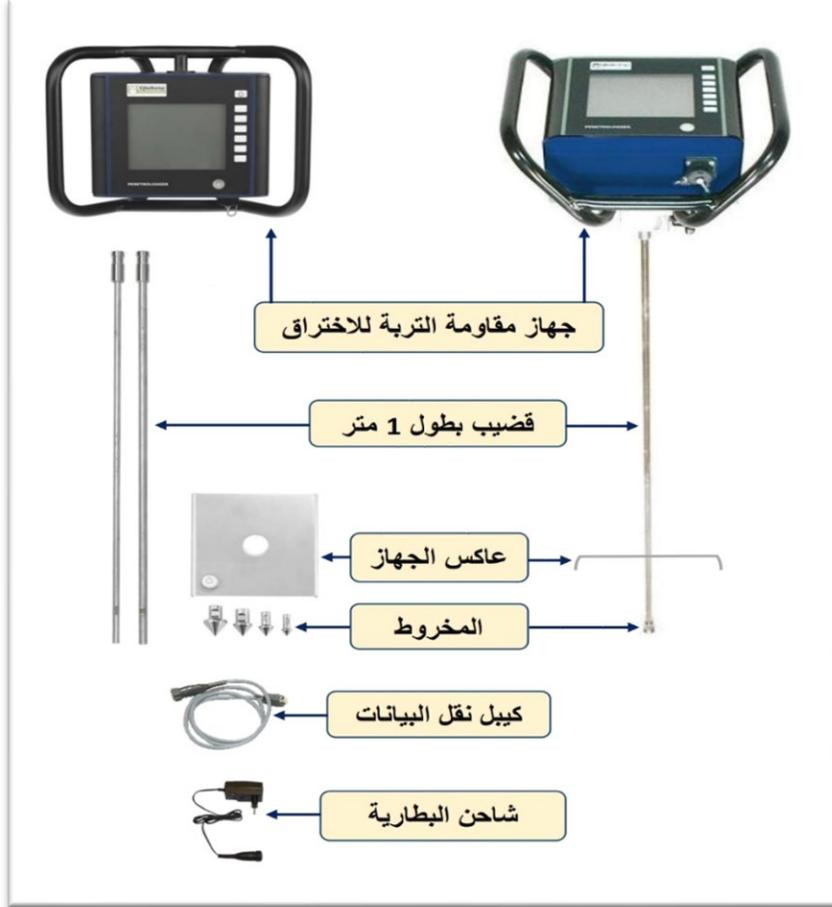
- Ramadhan, M.N. (2013).** Tillage systems and seeding rates effect on yield components, seed yield and biological yield of barley cultivars. *J. of Basrah researches*, 39(1):33-46.
- Ranjbarian, S., Askari, M., and Jannatkah, J. (2017).** Performance of tractor and tillage implements in clay soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 154-162.
- Rashidi, M., Najjarzadeh, I., Jaberinasab, B., Emadi, S. M., and Fayyazi, M. (2013).** Effect of soil moisture content, tillage depth and operation speed on draft force of moldboard plow. *Middle East J. Sci. Res*, 16(2): 245-249.
- Rebelo, C., and Nascimento, J. (2021).** Measurement of Soil Tillage Using UAV High-Resolution 3D Data. *Remote Sensing*, 13(21): 4336.
- Ribera, L. A., Hons, F. M., and Richardson, J. W. (2004).** An economic comparison between conventional and no-tillage farming systems in Burleson County, Texas. *Agronomy Journal*, 96(2): 415-424.
- 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.
- Salim, A. E. A., Almaliki, S. A., and Nedawi, D. R. (2022).** Smart Computing Techniques for Predicting Soil Compaction Criteria under Realistic Field Conditions. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 35(1): 188-211.

- Santín-Montanyá, M. I., Fernández-Getino, A. P., Zambrana, E., and Tenorio, J. L. (2017).** Effects of tillage on winter wheat production in Mediterranean dryland fields. *Arid Land Research and Management*, 31(3): 269-282.
- Shabanpour, M., Fekri, S., Bagheri, I., Payman, S. H., and Rahimi-Ajdadi, F. (2022).** Effects of tillage method and drainage management on some soil physical properties. *Journal of Agricultural Sciences*, 24-24.
- Shahzad, M., Hussain, M., Farooq, M., Farooq, S., Jabran, K., and Nawaz, A. (2017).** Economic assessment of conventional and conservation tillage practices in different wheat-based cropping systems of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 24634-24643.
- Sharma, S., Dhakal, K., Wagle, P., and Kilic, A. (2020).** Retrospective tillage differentiation using the Landsat-5 TM archive with discriminant analysis. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 3(1): e20000.
- Shittu, K. A., Oyedele, D. J., and Babatunde, K. M. (2017).** The effects of moisture content at tillage on soil strength in maize production. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(2): 139-142.
- 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.
- Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Varnamkhasti, M. G., Rahimizadeh, R., and Karimi, M. (2009).** Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy*, 34(1): 41-45.

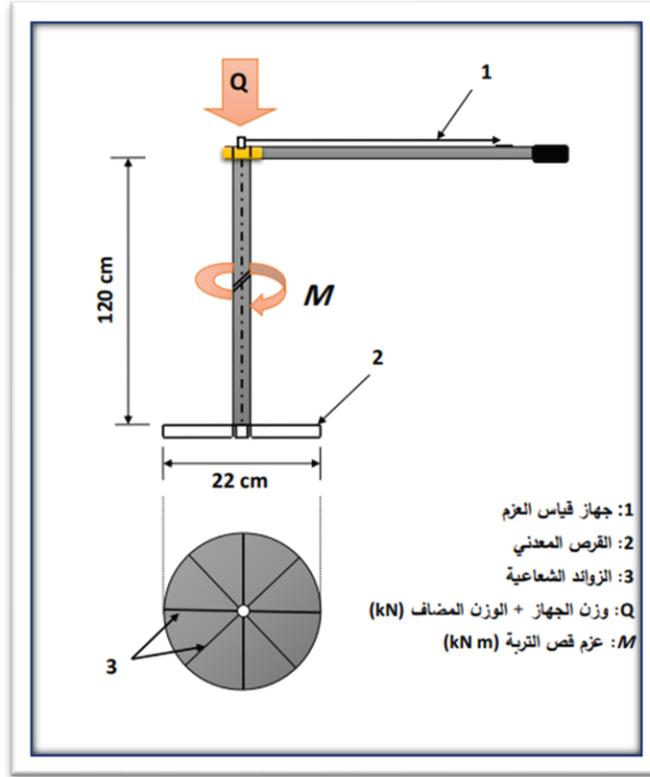
- Taner, A., Arisoy, R. Z., Kaya, Y., Gültekin, I., and Partigöç, F. (2015).** The effects of various tillage systems on grain yield, quality parameters and energy indices in winter wheat production under the rainfed conditions. *Fresenius Environ. Bull*, 24, 1463-1473.
- Tayel, M. Y., Shaaban, S. M., and Mansour, H. A. (2015).** Effect of plowing conditions on the tractor wheel slippage and fuel consumption in sandy soil. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 151-159.
- Wang, F., Ding, J., and Wei, Y. (2017).** Response analysis of salt index and vegetation index to soil salinity variability based on Landsat series data taking the typical oasis in the north and south of Tianshan Mountain in Xinjiang as an example. *Chinese Journal of Ecology*, 37(15), 5007–5022.
- Wang, H. (2020).** A Multi-Sensor Approach to Classify Tillage Practices in Mexico (Doctoral dissertation).
- 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.
- Weiss, M., Jacob, F., and Duveiller, G. (2020).** Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote sensing of environment*, 236, 111402.
- Woźniak, A., and Rachoń, L. (2020).** Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. *Agriculture*, 10(9): 405.

- Woźniak, A., and Stępniewska, A. (2017).** Yield and quality of durum wheat grain in different tillage systems. *Journal of elementology*, 22(3): 817-829.
- Yahya, L. M. (2023).** Evaluation of the performance of new rotary plow blades (t-shape) under different levels of soil moisture and plowing depths at some field indicators. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 51(3): 67-78.
- Zhang, F., Xiong, H., and Long, T. (2011).** Comparative analysis of measured reflectance and image reflectance for soil alkalization prediction. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 31(01), 227–232.
- Zhao, J., Zhou, J., Sun, C., Wang, X., Liang, Z., and Qi, Z. (2022).** Identification model of soil physical state using the Takagi–Sugeno fuzzy neural network. *Agriculture*, 12(9), 1367.
- Zhou, W., Rao, P., Jat, M. L., Singh, B., Poonia, S., Bijarniya, D., and Jain, M. (2021).** Using Sentinel-2 to track field-level tillage practices at regional scales in smallholder systems. *Remote Sensing*, 13(24): 5108.
- Zoz, F.M. and R.D. Grisso (2003).** Traction and Tractor Performance, ASAE Distinguished Lecture Series, Tractor Design No.27 USA [www.asae.org](http://www.asae.org).

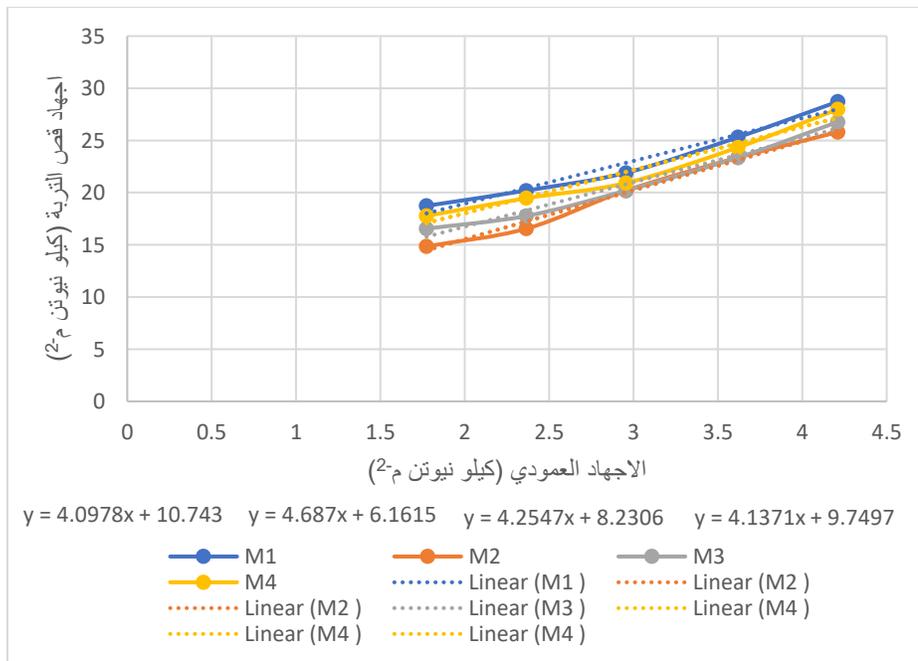
## 7. الملاحق Appendixes



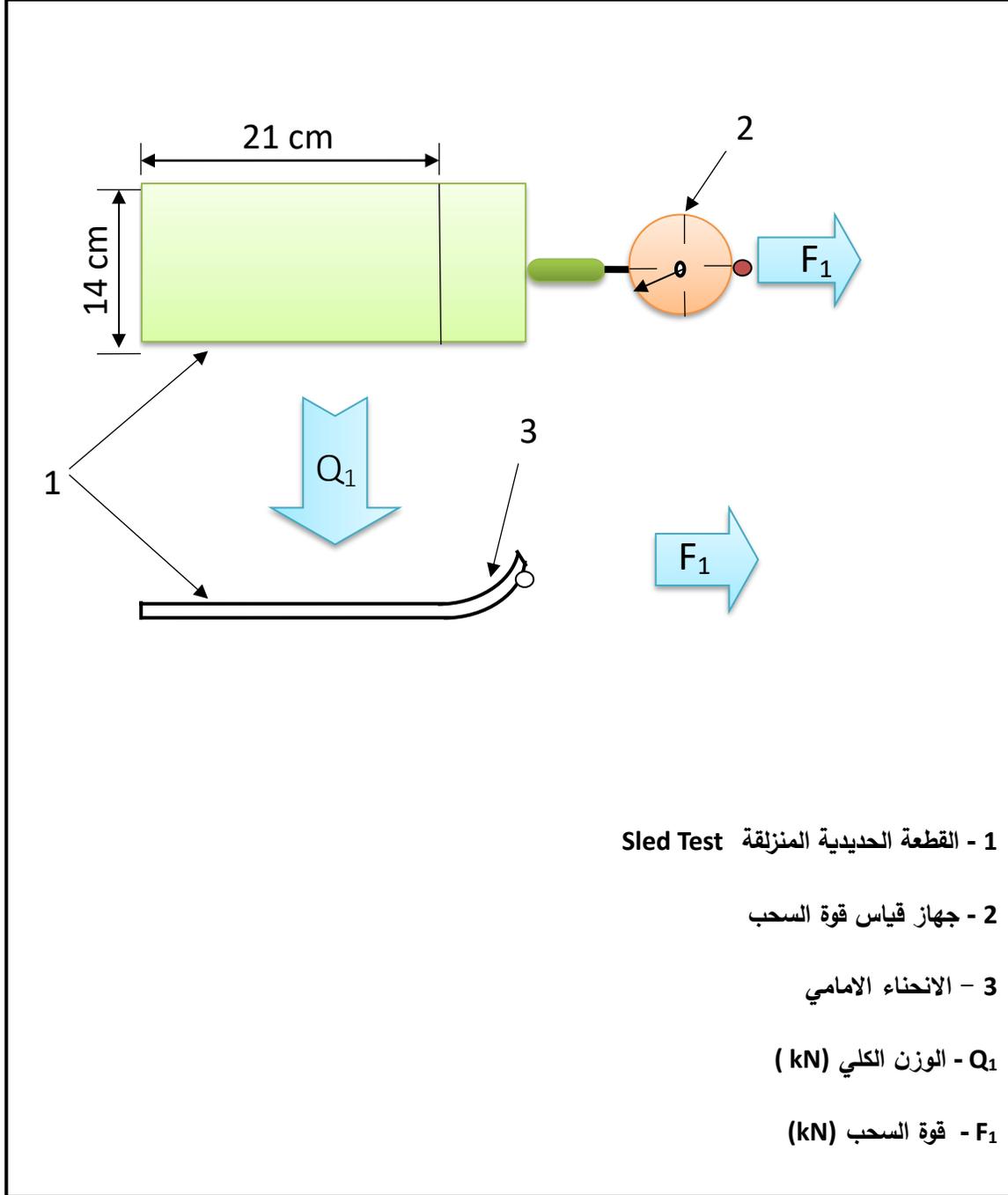
ملحق (1) جهاز قياس مقاومة التربة للاختراق



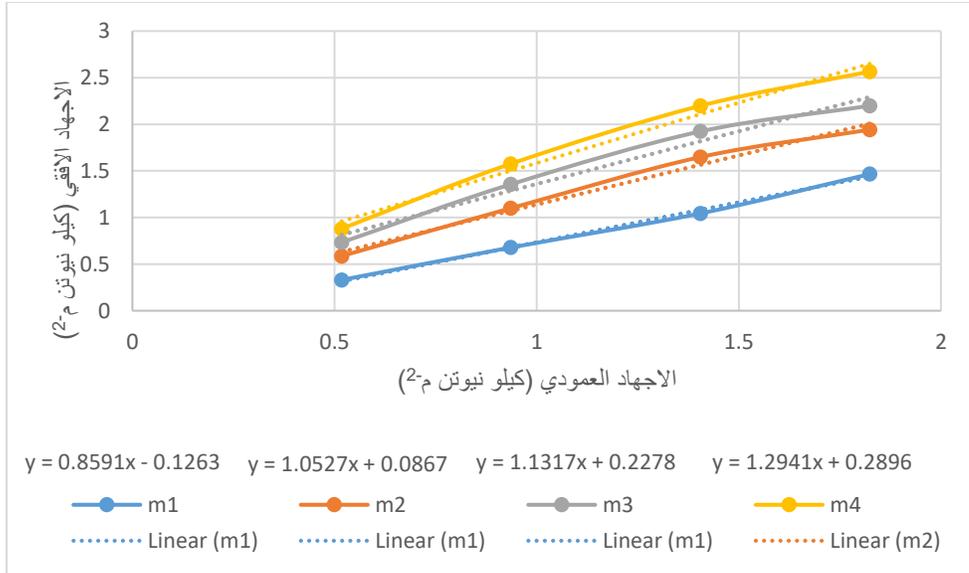
ملحق (2) جهاز قياس التماسك



ملحق (3) العلاقة بين اجهاد قص التربة والاجهاد العمودي لحساب التماسك للمستويات الرطوبة لمعاملات الدراسة



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



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



ملحق (6) جهاز mold لقياس حد التقلص



ملحق (7) جهاز Casa Grande لقياس حد السيولة



ملحق (8) جهاز قياس قوة السحب



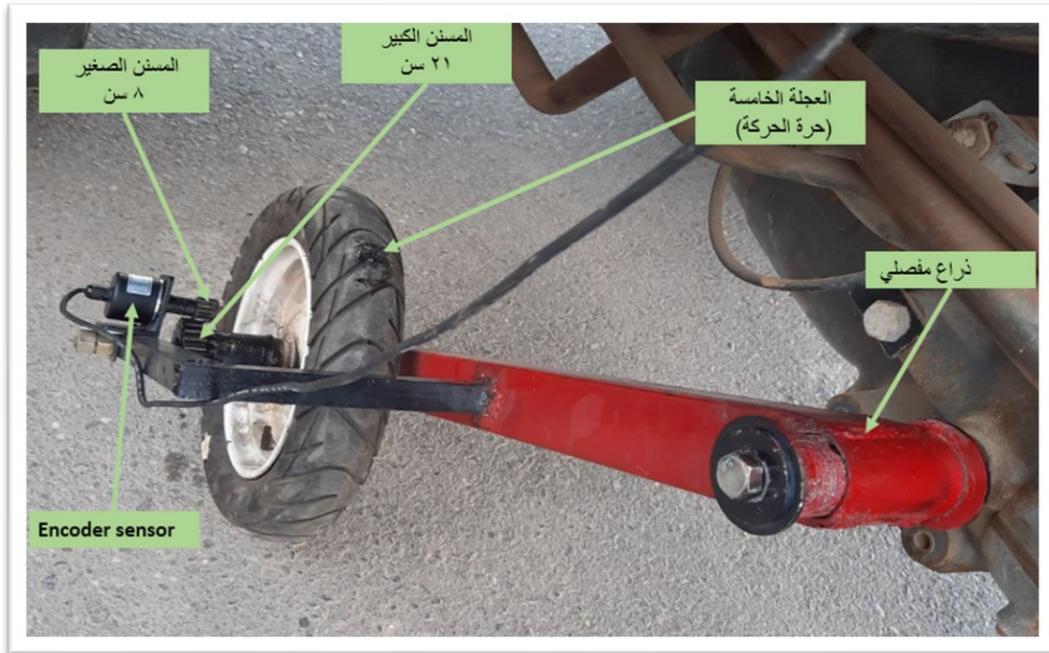
ملحق (9) جهاز قياس استهلاك الوقود

- المتحكم ATmega2560
- جهد التشغيل: 5 فولت
- جهد الدخل (موصى به): 7-12 فولت
- جهد الدخل (الأقصى): 6-20 فولت
- دبابيس الدخل / الخرج الرقمية: 54
- دبابيس الإخراج (تضمين عرض النبضة): 15
- دبابيس الإدخال التناظرية: 16
- تيار مستمر لكل دخل وخرج: 20 مللي أمبير
- تيار مستمر لدبوس 3.3 فولت: 50 مللي أمبير
- ذاكرة الفلاش: 256 كيلو بايت
- ذاكرة القراءة فقط: 4 كيلو بايت
- ذاكرة الوصول العشوائية الثابتة: 8 كيلو بايت
- سرعة المعالجة: 16 ميغا هرتز
- الطول: 101.52 مم
- العرض: 53.3 مم
- الوزن: 37 جرام
- صنع في إيطاليا

ملحق (10) المواصفات الفنية للمتحكم Arduino (ATmega 2560)



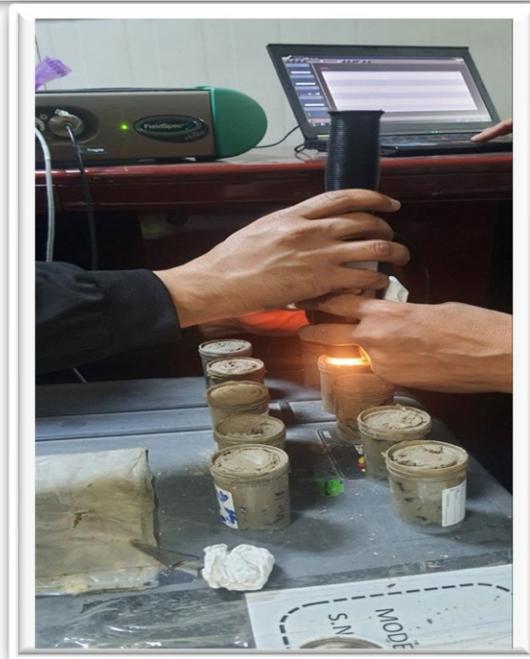
### ملحق (11) المواصفات الفنية لـ Encoder Sensor



### ملحق (12) العجلة الخامسة لقياس السرعة



ملحق (13) بعض صور العمل الحقل والاختبري للدراسة



ملحق (14) جهاز SpectroRadiometer

ملحق (15) جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة للصفات الميكانيكية المدروسة

| Ma                  | FCA                 | FCP                 | FCT        | SR                  | PL                  | S                   | $\eta t$            | Pf                  | F                   | d.f | مصادر الاختلاف |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|----------------|
| 210.26**            | 48340.55**          | 3471.83**           | 7369.96**  | 37694.61**          | 11434.39**          | 13154.14**          | 47756.76**          | 1615.90**           | 144.49**            | 3   | M              |
| 1887.27**           | 87619.28**          | 273.83**            | 16677.89** | 3390.61**           | 935.63**            | 323.96**            | 4.63*               | 375.46**            | 883.92**            | 2   | T              |
| 271.46**            | 4955.78**           | 584.71**            | 2811.40**  | 57.79**             | 2419.78**           | 1398.06**           | 128.79**            | 827.31**            | 2459.15**           | 2   | D              |
| 124.51**            | 8418.28**           | 351.90**            | 155.15**   | 123.28**            | 1968.54**           | 159.35**            | 40.12**             | 2002.55**           | 106.05**            | 2   | S              |
| 13.32**             | 1070.35**           | 51.27**             | 286.71**   | 25.61**             | 14.83**             | 14.86**             | 23.91**             | 1.81 <sup>n.s</sup> | 0.00 <sup>n.s</sup> | 6   | MXT            |
| 1.22 <sup>n.s</sup> | 38.44**             | 2.40*               | 22.84**    | 5.56**              | 16.11**             | 2.78*               | 6.03**              | 3.17*               | 0.00 <sup>n.s</sup> | 6   | MXD            |
| 1.89 <sup>n.s</sup> | 4254.69**           | 467.80**            | 68.61**    | 17.71**             | 3522.64**           | 10.65**             | 12.16**             | 614.32**            | 0.00 <sup>n.s</sup> | 6   | MXS            |
| 2.07 <sup>n.s</sup> | 50.84**             | 143.20**            | 14.97**    | 11.44**             | 729.90**            | 79.60**             | 96.65**             | 26.23**             | 5.76**              | 4   | DXS            |
| 21.04**             | 411.96**            | 32.23**             | 28.65**    | 75.79**             | 25.82**             | 10.68**             | 46.57**             | 20.98**             | 6.55**              | 4   | TXD            |
| 3.08 <sup>n.s</sup> | 2146.27**           | 6.50**              | 4.97**     | 32.15**             | 228.60**            | 20.97**             | 18.82**             | 66.40**             | 7.85**              | 4   | TXS            |
| 1.74 <sup>n.s</sup> | 23.61**             | 1.25 <sup>n.s</sup> | 27.12**    | 0.26 <sup>n.s</sup> | 0.60 <sup>n.s</sup> | 1.82 <sup>n.s</sup> | 1.78 <sup>n.s</sup> | 0.12 <sup>n.s</sup> | 0.00 <sup>n.s</sup> | 12  | MXTXD          |
| 0.73 <sup>n.s</sup> | 0.74**              | 0.79 <sup>n.s</sup> | 2.93**     | 0.18 <sup>n.s</sup> | 1.10 <sup>n.s</sup> | 0.99 <sup>n.s</sup> | 0.78 <sup>n.s</sup> | 0.28 <sup>n.s</sup> | 0.00 <sup>n.s</sup> | 12  | MXTXS          |
| 0.86 <sup>n.s</sup> | 1.74 <sup>n.s</sup> | 0.44 <sup>n.s</sup> | 4.02**     | 0.00 <sup>n.s</sup> | 2.01*               | 0.48 <sup>n.s</sup> | 0.48 <sup>n.s</sup> | 0.27 <sup>n.s</sup> | 0.00 <sup>n.s</sup> | 12  | MXDXS          |
| 2.17*               | 7.64**              | 4.57**              | 10.50**    | 3.02**              | 11.65**             | 3.71**              | 3.39**              | 5.26**              | 2.04*               | 8   | TXDXS          |
| 0.64 <sup>n.s</sup> | 2.65**              | 0.52 <sup>n.s</sup> | 11.09**    | 0.00 <sup>n.s</sup> | 0.23 <sup>n.s</sup> | 0.14 <sup>n.s</sup> | 0.10 <sup>n.s</sup> | 0.03 <sup>n.s</sup> | 0.00 <sup>n.s</sup> | 24  | MXTXDXS        |

ملحق (16) جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة بعد الحراثة

| Ec                  | Cl                  | Pw                  | f        | pb       | d.f | مصادر الاختلاف |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|-----|----------------|
| 196.23**            | 9.25*               | 3919.27**           | 55.07**  | 56.44**  | 3   | M              |
| 28.26**             | 30.17**             | 45.91**             | 115.45** | 115.80** | 2   | T              |
| 0.45 <sup>n.s</sup> | 611.18**            | 144.47**            | 659.68** | 404.65** | 1   | d              |
| 3.44*               | 1.73 <sup>n.s</sup> | 7.06**              | 7.44**   | 7.56**   | 6   | M X T          |
| 11.26**             | 2.62 <sup>n.s</sup> | 62.43**             | 29.84**  | 30.11**  | 3   | M X d          |
| 3.60*               | 11.47**             | 1.28 <sup>n.s</sup> | 10.90**  | 10.73**  | 2   | T X d          |
| 17.18**             | 5.38**              | 0.72 <sup>n.s</sup> | 4.29**   | 4.37**   | 6   | M X T X d      |

ملحق (17) جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة بداية موسم النمو

| Ec                  | Cl                  | Pw                  | f                   | pb                  | d.f | مصادر الاختلاف |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|----------------|
| 4.93*               | 70.93**             | 28.58**             | 10.64**             | 10.30**             | 3   | M              |
| 8.18**              | 17.89**             | 6.18**              | 19.03**             | 19.05**             | 2   | T              |
| 55.78**             | 84.52**             | 210.48**            | 514.14**            | 385.23**            | 1   | d              |
| 0.71 <sup>n.s</sup> | 1.53 <sup>n.s</sup> | 0.62 <sup>n.s</sup> | 0.24 <sup>n.s</sup> | 0.24 <sup>n.s</sup> | 6   | M X T          |
| 1.14 <sup>n.s</sup> | 5.38**              | 4.36*               | 10.24**             | 9.67**              | 3   | M X d          |
| 2.02 <sup>n.s</sup> | 1.02 <sup>n.s</sup> | 3.22 <sup>n.s</sup> | 1.92 <sup>n.s</sup> | 2.06 <sup>n.s</sup> | 2   | T X d          |
| 1.37 <sup>n.s</sup> | 1.29 <sup>n.s</sup> | 0.77 <sup>n.s</sup> | 3.79**              | 3.75**              | 6   | M X T X d      |

ملحق (18) جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات التربة المدروسة نهاية موسم النمو

| Ec                  | Cl                  | Pw                  | f                   | pb                  | d.f | مصادر الاختلاف |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|----------------|
| 7.98*               | 45.36**             | 11.72**             | 58.46**             | 56.69**             | 3   | M              |
| 7.83**              | 18.13**             | 8.90**              | 10.23**             | 10.27**             | 2   | T              |
| 45.11**             | 264.55**            | 244.28**            | 122.67**            | 60.39**             | 1   | d              |
| 0.77 <sup>n.s</sup> | 1.04 <sup>n.s</sup> | 0.58 <sup>n.s</sup> | 0.56 <sup>n.s</sup> | 0.55 <sup>n.s</sup> | 6   | M X T          |
| 2.36 <sup>n.s</sup> | 0.12 <sup>n.s</sup> | 8.47**              | 4.29*               | 4.01*               | 3   | M X d          |
| 3.68*               | 1.03 <sup>n.s</sup> | 2.62 <sup>n.s</sup> | 0.77 <sup>n.s</sup> | 0.72 <sup>n.s</sup> | 2   | T X d          |
| 1.96 <sup>n.s</sup> | 0.99 <sup>n.s</sup> | 1.75 <sup>n.s</sup> | 1.27 <sup>n.s</sup> | 1.24 <sup>n.s</sup> | 6   | M X T X d      |

ملحق (19) جدول تحليل التباين لقيم T المحسوبة لفترات النمو

| Ec                  | CI     | Pw                  | f                   | pb                  | مصادر الاختلاف |
|---------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 3.16**              | 5.83** | 1.28 <sup>n.s</sup> | 1.11 <sup>n.s</sup> | 1.27 <sup>n.s</sup> | S1 X S2        |
| 0.89 <sup>n.s</sup> | 6.68** | 5.34**              | 3.53**              | 3.99**              | S1 X S3        |
| 2.61**              | 2.84** | 10.26**             | 3.86**              | 4.31**              | S2 X S3        |

ملحق (20) جدول تحليل التباين لقيم F المحسوبة لصفات الحاصل المدروسة

| حاصل الحبوب         | الحاصل الخضري       | ارتفاع النبات       | d.f | مصادر الاختلاف |
|---------------------|---------------------|---------------------|-----|----------------|
| 198.36**            | 85.40**             | 135.51**            | 3   | M              |
| 21.39**             | 15.40**             | 12.87**             | 2   | T              |
| 2.54 <sup>n.s</sup> | 0.72 <sup>n.s</sup> | 1.75 <sup>n.s</sup> | 6   | M X T          |

## ABSTRACT

A mechanical and agricultural experiment was conducted in the northern part of Basrah Governorate, in the Al-Ghmeej area affiliated with Al-Qurna district, which is geographically located between longitudes  $47.464800^{\circ}$  and  $47.465200^{\circ}$  North and latitudes  $30.939450^{\circ}$  and  $30.939900^{\circ}$  East. The experiment was carried out on clay-loam textured soil covering an area of 6,400 m<sup>2</sup> on 13/11/2023, to predict and study some performance indicators, soil properties, and wheat crop plant traits, as well as the economic feasibility of three types of plows (moldboard, chisel, and disk plows) at four soil moisture levels during tillage (7%, 14%, 22%, and 28%). The study utilized intelligent computing software, including Design Expert Software and ArcMap GIS, for data analysis and modeling.

The study consisted of a mechanical experiment involving three types of plows (moldboard, chisel, and disk plows), four soil moisture levels during tillage (7%, 14%, 22%, and 28%), three tillage depths (15, 20, and 25 cm), and three forward speeds (1.83, 3.06, and 5.22 km h<sup>-1</sup>) to study performance indicators including draft force, draft power, draft efficiency, slippage, power loss, specific resistance, time-based fuel consumption, area-based fuel consumption, specific fuel consumption, and tillage appearance. The experiment was implemented using a randomized complete block design with a split-split plot arrangement, and treatment means were compared using the Revised Least Significant Difference (RLSD) test at a 0.05 probability level.

A field experiment was conducted using three types of plows (moldboard, chisel, and disk plows) and four soil moisture levels (7%, 14%, 22%, and 28%) to study soil properties including bulk density, total porosity, soil moisture content, penetration resistance, and soil electrical conductivity at two soil

depths (15 cm and 30 cm) during three periods: immediately after tillage, at the beginning of the growing season, and at the end of the growing season for wheat cultivar 'Buhuth 22'. The experiment was designed as a randomized complete block design with a split-split plot arrangement, and treatment means were compared using the Revised Least Significant Difference (RLSD) test at a 0.05 probability level. The results of the growing season periods were analyzed using a T-test. Some yield characteristics including plant height, dry weight, and grain yield were studied using a randomized complete block design, and treatment means were compared using the RLSD test at a 0.05 probability level.

Intelligent software was used to predict changes in the mechanical properties and studied soil properties with varying study factors. Predictive mathematical equations were obtained using Design Expert, while spatial distribution maps of the studied characteristics' ranges were generated using GIS software. Economic feasibility of field operations was calculated by determining total costs, total revenue, net income, production profitability, and return on investment. The following results were obtained:

- 1- Plowing at a soil moisture level of 14% give the best results for mechanical properties, providing the lowest draft force, slip percentage, power loss, specific resistance, and fuel consumption (in all forms), as well as the highest draft efficiency and best tillage appearance. The values recorded were 10,335 N, 12.39%, 3.42 kW, 33,543 N m<sup>-2</sup>, 4.16 L h<sup>-1</sup>, 13.44 L ha<sup>-1</sup>, 0.63 L/h.kW<sup>-1</sup>, 72.53%, and 4.52 mass m<sup>-2</sup>, respectively. This moisture level also improved soil properties, recording the lowest bulk density at 1.13, 1.07, and 1.18 Mg m<sup>-3</sup> for the growth periods, respectively; the lowest soil penetration resistance at 972, 1,061, and 1,228 kN m<sup>-2</sup> for the growth periods, respectively; the lowest

electrical conductivity at 4.33 and 5.80 dS m<sup>-1</sup> at the beginning and end of the growing season, respectively; and the highest soil porosity at 57.96%, 60.19%, and 56.09% for the growth periods, respectively. Additionally, it outperformed in crop parameters, achieving the highest plant height, dry weight, and grain yield at 101.1 cm, 21.72 t ha<sup>-1</sup>, and 7.88 t ha<sup>-1</sup>, respectively. It also recorded the highest economic costs, total revenue, net income, production profitability, and return on the invested dinar at 5,400,412 dinars h<sup>-1</sup>, 13,938,000 dinars h<sup>-1</sup>, 8,537,588 dinars h<sup>-1</sup>, 57.56%, and 2.58, respectively.

- 2- Plowing by the disk plow give the best results for mechanical properties, recording the lowest draft force, draft power, slip percentage, power loss, hourly fuel consumption, and specific fuel consumption at 9,966 N, 7.95 kW, 15.89%, 3.71 kW, 3.99 L h<sup>-1</sup>, and 0.66 L/h.kW<sup>-1</sup>, respectively. On the other hand, plowing with the chisel plow resulted in the lowest specific resistance, area-based fuel consumption, and the best plowing appearance at 23,822 N m<sup>-2</sup>, 8.90 L ha<sup>-1</sup>, and 4.14 mass m<sup>-2</sup>, respectively. The disk plow also excelled in improving soil properties, recording the lowest bulk density at 1.13, 1.10, and 1.19 Mg m<sup>-3</sup> for the growth periods, respectively; the lowest soil penetration resistance at 690, 1,208, and 1,260 kN m<sup>-2</sup> for the growth periods, respectively; the lowest electrical conductivity at 7.28, 5.82, and 6.89 dS m<sup>-1</sup> for the growth periods, respectively; and the highest soil porosity at 57.90%, 58.90%, and 55.51% for the growth periods, respectively. Meanwhile, the chisel plow achieved the highest soil moisture content at 19.10%, 20.96%, and 13.85% for the growth periods, respectively. The disk plow also outperformed in crop traits, recording the highest plant height, dry weight, and grain yield at 97.5 cm, 17.18 t ha<sup>-1</sup>, and 5.42 t ha<sup>-1</sup>, respectively. Additionally, it recorded the highest total revenue, net income, production profitability, return on the invested dinar, and highest

total costs at 10,334,500 dinars ha<sup>-1</sup>, 5,146,286 dinars ha<sup>-1</sup>, 94.77%, 1.95, and 5,188,215 dinars ha<sup>-1</sup>, respectively.

- 3- A plowing depth of 15 cm recorded the lowest draft force, draft power, slip percentage, lost power, hourly fuel consumption, area-based fuel consumption, and the best plowing appearance, with values of 8,334 N, 7.10 kW, 12.52%, 3.08 kW, 4.28 L h<sup>-1</sup>, 14.02 L ha<sup>-1</sup>, and 4.90 mass m<sup>-2</sup>, respectively. On the other hand, a plowing depth of 20 cm achieved the highest draft efficiency at 70.51%, while a depth of 25 cm recorded the lowest specific resistance and the lowest specific fuel consumption at 35,818 N m<sup>-2</sup> and 0.60 L/ h.kW<sup>-1</sup>, respectively.
- 4- Plowing at a speed of 1.83 km h<sup>-1</sup> resulted in the lowest draft force, draft power, slip percentage, power losses, specific resistance, hourly fuel consumption, and the highest draft efficiency, reaching 9824 N, 4.28 kW, 13.45%, 1.63 kW, 32,392 N m<sup>-2</sup>, 4.44 L h<sup>-1</sup>, and 72.33%, respectively. On the other hand, a speed of 5.22 km h<sup>-1</sup> provided the lowest area-based fuel consumption, specific fuel consumption, and the best plowing appearance, reaching 23.15 L ha<sup>-1</sup>, 1.08 L/h.kW<sup>-1</sup>, and 4.95 mass m<sup>-2</sup>, respectively.
- 5- It was found that increasing the soil depth from 0-15 cm to 15-30 cm led to an increase in bulk density by 9.67%, 17.46%, and 6.25% for the growth periods, respectively. The soil moisture content increased by 10.77%, 24.15%, and 43.15% for the growth periods, respectively. Soil penetration resistance increased by 66.12%, 22.82%, and 48.92% for the growth periods, respectively. The soil electrical conductivity increased by 18.06% and 18.02% at the beginning and end of the growing season, respectively. Additionally, the total soil porosity decreased by 11.15%, 18.93%, and 8.92% for the growth periods, respectively.
- 6- The growth season periods had a significant effect on soil properties. The beginning of the season recorded the lowest bulk density and electrical

conductivity, and the highest total porosity and moisture content, reaching 1.15 Mg m<sup>-3</sup>, 6.95 dS m<sup>-1</sup>, 57.06%, and 19.91%, respectively. Additionally, the lowest soil penetration resistance after plowing was recorded at 897 kN m<sup>-2</sup>



**Study of the requirements for certain mechanical and economic indicators and soil properties in wheat yield using geomatics technologies under different operational conditions**

**Thesis Introduction to**

**Council of the College of Agriculture - University of Basrah**

**It is part of the requirements for a PhD in Soil Sciences and Water Resources (Soil management/ Soil Preparation Equipment)**

**By**

**Mustafa Fadel Hussein AL-Moosa**

**Master of Agricultural Sciences (Soil Sciences and Water Resources)**

**2021**

**Supervised by**

**Prof.**

**Dr. Salah Mahdi Sultan Al-Atab**

**Soil Sciences and Water  
Resources**

**Prof.**

**Dr. Salim Acher Bander Almaliki**

**Agricultural Machines  
and Equipment**

---

**1446**

**2025**