



تأثير رقم السيتان وبعض المؤشرات على بعض متطلبات الطاقة واستهلاك الوقود النوعي

علي حسين علي¹ يوسف يعقوب هلال¹ رقيب حمادي رجب²

¹ قسم المكنات والالات الزراعية، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، البريد الإلكتروني yousif.yakoub@uomosul.edu.iq

² قسم هندسة النفط والتكرير، كلية هندسة النفط والتعدين، جامعة الموصل، البريد الإلكتروني raqeab.hummadi@uomosul.edu.iq

المخلص

أجريت الدراسة بهدف تقييم تأثير ثلاثة عوامل والتي شملت عامل رقم سيتان ووقود الديزل بثلاثة مستويات (وقود ديزل اعتيادي بدون أي إضافة ذو رقم السيتان 54 ووقود الديزل المضاف اليه محسن من شركة AMSOIL بنسبة 10مل/لتر ذو رقم السيتان 57 ووقود الديزل المضاف إليه محسن من شركة AMSOIL بنسبة 14.5مل/لتر ذو رقم السيتان 60 وعامل نوع حافة ساق محراث تحت التربة بمستويين (حافة الساق التقليدية وحافة الساق المصنعة محليا) وعامل نوع أجنحة محراث تحت التربة بمستويين (أجنحة 35 سم و45 سم) على كل من الاستهلاك النوعي للوقود وكفاءة السحب ودرجة حرارة العادم. تم تحليل نتائج التجربة باستعمال (Randomized Completely Block Design) تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ونظام الألواح المنشقة (Split-Split plot) إذ عُدَّ عامل رقم سيتان ووقود الديزل كألواح رئيسية (Main-plot) بثلاثة مستويات وعد نوع حافة الساق لمحراث تحت التربة كألواح ثانوية (Sub-plot) بمستويين أما نوع الأجنحة عدت كألواح منشقة - منشقة (Sub-Sub-plot) وبمستويين. أهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة الى ان رقم السيتان (57) حقق أفضل قيمة وبفارق معنوي لصفة درجة حرارة العادم (185 درجة مئوية) والتداخل الثنائي بين رقم السيتان ونوع الأجنحة في الصفات المدروسة إذ حقق التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (60) والأجنحة ذات العرض 45 سم أفضل قيمة وبفارق معنوي لصفة كفاءة السحب (70.95%) في حين حقق التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) والأجنحة ذات العرض 45 سم أفضل قيمة وبفارق معنوي لصفة درجة حرارة العادم (190.50 درجة مئوية). وظهرت النتائج ان تداخل بين الوقود ذو رقم السيتان (57) وحافة الساق المصنعة محليا والأجنحة ذات العرض 35 سم سجلت أفضل القيم. من خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة ان استخدام المحسن الوقود لتحسين رقم السيتان ذي تأثير فعال في تحسين كفاءة محرك الاحتراق الداخلي.

معلومات الارشفة

تاريخ الارشفة:

تاريخ الاستلام: 14 آب 2025

تاريخ المراجعة: 24 كانون الأول 2025

تاريخ القبول: 26 كانون الأول 2025

تاريخ النشر الإلكتروني: 01 كانون الثاني 2026

الكلمات المفتاحية:

رقم السيتان

محسّنات الوقود

طاقة السحب

الاستهلاك النوعي

كفاءة السحب

DOI: ***** ©Authors, 2021, College of Petroleum and Mining Engineering, University of Mosul.

This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The effect of cetane number and some indicators on some energy requirements and specific fuel consumption

Ali Ali Hussein Ali¹, Yousif Y. Hilal², Raqeeb Hummadi Rajab³

¹ Department of Agricultural Machine and Equipment, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul, Iraq. Email: ali.23agp35@student.uomosul.edu.iq

² Department of Agricultural Machine and Equipment, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul, Iraq. Email: yousif.yakoub@uomosul.edu.iq

³ Department of Petroleum and Refining Engineering, College of Petroleum and Mining Engineering, University of Mosul, Iraq. Email: raqeeb.hummadi@uomosul.edu.iq

Article information

ABSTRACT

Article history:

Received, Aug 14, 2025

Revised Dec 24, 2025

Accepted, Dec 26, 2025

Available online Jan 01, 2026

Keywords:

Cetane Number

Fuel Additives

Shaft Power

Specific Fuel Consumption

Correspondence:

Raqeeb Hummadi Rajab

raqeeb.hummadi@uomosul.edu.iq

The study was conducted to evaluate the effect of three factors, including diesel fuel cetane number at three levels (regular diesel fuel without any additives, cetane number 54, diesel fuel with 10 ml/L AMSOIL additive, cetane number 57, and diesel fuel with 14.5 ml/L AMSOIL additive, cetane number 60), two-level subsoil plowshare edge type (conventional and locally manufactured), and two-level subsoil plowshare wing type (35 cm and 45 cm wings) on specific fuel consumption, extraction efficiency, extraction power, and exhaust temperature. The results of the experiment were analysed using a randomised complete block design (RCBD) and a split-split plot. The diesel fuel cetane number was used as the main plot with three levels, the subsoil ploughshare edge type was used as a subplot with two levels, and the wing type was used as split-sub-plot panels and at two levels. The most important results obtained in this study are that the cetane number (57) achieved the best value, with a significant difference, for the exhaust temperature characteristic (185°C). The two-way interaction between cetane number and wing type in the studied characteristics is also evident. The interaction between diesel fuel with a cetane number of 60 and wings with a width of 45 cm achieved the best value, with a significant difference, for the drag efficiency characteristic (70.95%). In comparison, the interaction between diesel fuel with a cetane number of 57 and wings with a width of 45 cm achieved the best value, with a significant difference, for the exhaust temperature characteristic (190.50°C). The results showed that the interaction between fuel with a cetane number of 57, the locally manufactured leg edge, and wings with a width of 35 cm achieved the best values. Based on the results obtained in this study, the use of a fuel improver to improve the cetane number has a practical impact on improving the efficiency of the internal combustion engine.

DOI: ***** , ©Authors, 2021, College of Petroleum and Mining Engineering, University of Mosul.

This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

المقدمة

تستخدم محسنات رقم السيتان لتحسين أداء محركات الديزل عن طريق زيادة قدرة الوقود على الاشتعال الذاتي، مما يؤدي إلى احتراق أكثر كفاءة وانبعاثات أقل. يؤثر رقم السيتان على الطاقة الناتجة من المحرك حيث أن الوقود ذو رقم السيتان الأعلى يحترق بشكل أسرع وأكثر اكتمالاً، مما يزيد من الطاقة الناتجة ويحسن كفاءة استهلاك الوقود. يستخدم الاستهلاك النوعي للوقود لتقييم أداء المحرك لأن من خلاله يتم التعبير عن النسبة بين كمية الوقود التي يستهلكها المحرك إلى القدرة التي ينتجها إذ كلما انخفضت قيمة الاستهلاك النوعي للوقود كان المحرك أكثر كفاءة في استهلاك الوقود (Aday 2016 b). بينَ (Nursal et al.,2017) من خلال دراستهم أن انخفاض الاستهلاك النوعي للوقود يعمل على زيادة في أداء المحرك وذلك من خلال استعمال مواد مضافة إلى وقود الديزل كمادة محسنة مثل استعمال زيت (*Jatropha* Cursas Biodiesel Oil) بمزجه مع وقود الديزل ومقارنة هذه الخليط مع وقود الديزل الاعتيادي.

ذكر (Ali et al.,2018) أن عند استخدام وقود الديزل مع 5% (Diethyl ether) إيثير ثنائي الإيثيل كمادة محسنة مقارنة مع وقود الديزل التقليدي تبين أن الاستهلاك النوعي للوقود كان أقل للنوع الأول ويعود سبب الانخفاض إلى أن كثافة إيثير ثنائي الإيثيل أقل مقارنة مع الوقود التقليدي. قام (EL-Seesy et al.,2019) بمقارنة نوعين من الوقود الديزل الأول ووقود مضافة إليه المواد النانوية الكربونية كمادة محسنة والثاني الاعتيادي إلى أن هناك انخفاض في الاستهلاك النوعي للوقود المحسن وبحوالي 15% مقارنة مع الوقود الاعتيادي. توصل (Şimşek , 2020) عند استخدام مادة Diesel FX (DFX) المحسنة لزيادة رقم السيتان لوقود الديزل المستخدم في محركات الاشتعال بالضغط (CI) إذ تم تشغيل محرك KM 178 FE أحادي الأسطوانة ومبرد بالهواء من ماركة Katana بسرعة ثابتة مع أحمال مختلفة أظهرت النتائج بإضافة المادة المحسنة بنسبتي 1% و2% ارتفع رقم السيتان إلى 62 و75 على التوالي وعلاوة على ذلك عند نسبتي إضافة 3% و5% تجاوزت قيمة رقم السيتان 76 ونتيجة للتجارب قدمت مادة DFX2 زيادة في الكفاءة بنسبة 12.24% مقارنةً بوقود الديزل وزيادة في استهلاك الوقود النوعي بنسبة 6.87% لوحظ انخفاض بنسبة 44.23% في انبعاثات الهيدروكربون و50% في المتوسط في انبعاثات أول أكسيد الكربون عند حمل محرك 3000 واط مقارنةً بوقود الديزل الخالي من الإضافات.

بينَ (Jbril and Mekonen, 2021) أن هناك زيادة بالاستهلاك النوعي للوقود مع زيادة نسبة الإيثانول المضاف إلى وقود الديزل وبنسبة كبيرة وذلك عند مستويين الأول (90% ديزل + 10% إيثانول) والثاني (60% ديزل + 40% إيثانول) إذ عند المستوى الثاني كان أعلى استهلاك نوعي للوقود وبينوا سبب ذلك إلى أن زيادة الإيثانول المضاف إلى وقود الديزل يؤدي إلى تقليل اللزوجة والقيمة الحرارية لخليط الوقود وبذلك تتدفق كمية وقود أكبر إلى داخل أسطوانة المحرك. أوضح (Nassir, 2021) بدراسة قام بها أن شكل الساق لمحركات تحت التربة لها تأثير على استهلاك الوقود وقد أظهرت النتائج أن الساق المسننة بزاوية 45 درجة كان لها أقل متوسط لاستهلاك الوقود إذ بلغ 11.22 لتر/ هكتار مقارنة الساق المسننة بزاوية 70 درجة والساق المنحنية والساق المستقيمة أعطت 17.22 و18.70 و45.44 لتر/ هكتار على التوالي وذلك لأن شكل الساق كان له تأثير في عملية اختراق وقطع مقطع التربة مما أثر في قوة السحب اللازمة لسحب المحركات ومن ثم انعكس ذلك على كمية الوقود المستهلكة.

طاقة السحب هي النسبة بين قدرة السحب المتمثلة بقوة السحب في السرعة الأمامية الفعلية للجرار إلى كمية الوقود المستهلكة لكل وحدة زمن أن طاقة السحب تزداد بزيادة قوة السحب والسرعة الأمامية وكذلك مع انخفاض كمية الوقود المستهلكة لوحدة الزمن، وأن طاقة السحب تزداد مع زيادة قوة السحب إذ تصل طاقة السحب إلى القيمة القصوى وذلك عند

قوة السحب 20 كيلو نيوتن وبعد هذه القيمة تبدأ طاقة السحب بالانخفاض إذ بين أن أعلى قيمة لطاقة السحب تم الحصول عليها هي 18000 كيلوجول/كيلوغرام (Aday, 2016 b). أشار (Firew et al., 2022) إلى أن قدرة المحرك قد زادت وذلك من خلال إضافة جسيمات النيكل والزنك وأوكسيد الحديد النانوية وينسب معينة إلى خليط من وقود الديزل بنسبة 90% والإيثانول بنسبة 10% وإضافة هذه الجسيمات أدت إلى زيادة عزم الدوران من خلال زيادة رقم سيتان الوقود وبذلك ارتفعت الطاقة الخارجة ونتيجة تحسين جودة الاحتراق.

تعرف كفاءة السحب بأنها قدرة الساحة الزراعية على تحويل الطاقة الموجودة عند عجالات الدفع إلى قوة سحب وهناك عوامل عديدة تؤثر في كفاءة السحب من ضمنها ضغط انتفاخ الإطارات والحالة الفنية للإطارات وقوة القص للتربة ووزن الساحة ونوع المحراث المستخدم (Aday and AL-sahwan, 2008). ذكر (Almaliki et al., 2019) أن كفاءة السحب من أهم معايير تقييم أداء الجرارات أثناء العمليات الميدانية تُحوّل كفاءة السحب طاقة الدخل إلى طاقة خرج وتعني زيادة كفاءة السحب استخدامًا أكثر فعالية للعمل الميكانيكي لمحرك الاحتراق الداخلي. وبينوا أن كفاءة السحب تتأثر بنسبة 2% مع تغير رطوبة التربة وبنسبة 8% عند تحسين خصائص الجر ومقاومة التدرج والانزلاق.

أشار (Md-Tahir et al., 2021) إلى أن كفاءة السحب تتأثر بقوة السحب والسرعة الامامية للجرار إذ بلغت كفاءة السحب 80% عند السرعة 6.6 كم/ساعة وبقوة سحب 24.6 كيلو نيوتن في حين انخفضت كفاءة السحب الى 68% عند انخفاض السرعة الامامية الى 6 كم/ساعة وبقوة سحب 23.2 كيلو نيوتن.

أشار كل من (Venkatesan and Nallusamy, 2020) بدراسة قاما بها أن درجة حرارة غاز العادم ومعدل إطلاق الحرارة لوقود مضافة إليه محسن كانت أعلى من وقود الديزل الاعتيادي وذلك بسبب الاحتراق الأفضل للوقود. بينت دراسة (Jbril and Mekonen, 2021) أنه عند اختبار نوعين من الوقود الأول 10% إيثانول + 90% ديزل والنوع الثاني 40% إيثانول + 60% ديزل وتأثيرهم على درجة حرارة العادم التي تدل على كفاءة الاحتراق بينت النتائج ان هناك زيادة بدرجة حرارة العادم بنسبة 13% و 3.9% لكل من النوعين سابقى الذكر بالمقارنة مع الوقود بدون إضافة.

أشار (Şimşek and Uslu, 2021) إلى أن درجة حرارة العادم تتأثر بإضافة المحسنات التي تعمل على زيادة رقم سيتان وقود الديزل إذ استخدم محسن سيتان 2-ايثيل هكسيل نترات (EHN-2) وضافته بنسب مختلفة وبثلاثة نسب وهي (99% ديزل + 1% EHN-2) و (98% ديزل + 2% EHN-2) و (97% ديزل + 3% EHN-2) ومقارنتها مع الوقود التقليدي (100% ديزل) ودراسة تأثيرها على درجة حرارة العادم إذ تبين أن هناك تفاوت في درجة الحرارة إذ عند (97% ديزل + 3% EHN-2) انخفضت قيمة الكفاءة الحرارية ومع (99% ديزل + 1% EHN-2) ارتفعت قيمة الكفاءة الحرارية وبنسبة 11.57%.

إن العامل الأكثر أهمية هو المُتمثل بحُسن تصميم واختيار الأبعاد المناسبة والشكل المُلائم للأجزاء المُتعاملة مع التربة وعلى ضوء هذا طرّحت الشركات المُنتجة والمُجهّزة للألات الزراعية مجموعة كبيرة من أسلحة المحراث تحت التربة والتي لم تدخل لحد الآن حيز الاستخدام في العراق باستثناء بعض الدراسات التي تخص إضافة الأجنحة وبعض المؤشرات التصميمية المتعلقة بها في حين بقي السلاح التقليدي بشكله المألوف. وإن من أهم المشاكل التي تواجه محراث تحت التربة ذي الأجنحة الترددية بالعموم هي قوة السحب ومتطلبات القدرة التي يحتاجها المحراث لذلك هناك توصيات من قبل الباحثين في تطوير مستمر لهذا النوع من المحارث (Hilal et al., 2021). أيضا هناك مفهوم خاطئ لدى كثير من المزارعين أن هذا النوع من المحارث الترددية يحتاج إلى طاقة عالية لذلك يعزفون عن استخدامه في حين لا توجد دراسة تقدر القدرة المطلوبة لهذا النوع من المحارث فضلاً عن انه لم تجري تطويرات وتحوير لهذا النوع لتحسين عمله لكي يلائم

ظروف العراق (Al-Aabagh et al., 2025). على الرغم من الدراسات التي تناولت تأثير تحويلات المحراث أو نوعية الوقود بشكل منفصل، تظل هناك فجوة معرفية كبيرة في فهم التفاعل الديناميكي بين التحويلات التصميمية المزدوجة (كحافة الساق + عرض أجنحة القدم) وأثرها التكاملي في أداء المحراث فضلاً عن تأثير جودة الوقود (رقم السيتان) وتأثيره المباشر في متطلبات الطاقة والمؤشرات الشاملة للاستدامة (اقتصادية وبيئية ونطاق الطاقة المستهلكة) في ظل هذا التكامل. لذلك الهدف بصورة عامة هو إجراء بعض التحويلات من أجل تطوير المحراث تحت التربة الترددي واختبار رقم السيتان للوقود وتأثير ذلك في الأداء الحقل من خلال تقدير متطلبات القدرة وبعض المؤشرات الحقلية وتصنيع واختبار حافة الساق لمحراث تحت التربة ذي الأجنحة الترددية وذلك لتحديد الأفضل (المصنعة محليا والتقليدية) من خلال بعض الصفات المدروسة إضافة الى ذلك تحديد أفضل نوع لأجنحة محراث تحت التربة من بين نوعين مختلفين بالعرض (35-45 سم) وذلك لتحقيق أقل متطلبات للتشغيل وتقييم الكفاءة التشغيلية لمحراث تحت التربة عند استخدام أعداد مختلفة من رقم سيتان ووقود الديزل.

مواد وطرائق العمل

موقع حقل التجربة:

تم إجراء التجربة في عام (2024_2025 م) في القصور الرئاسية سابقا، في جامعة الموصل في قضاء الموصل محافظة نينوى وكان موقع التجربة أرض لم تزرع منذ 10 سنوات إحداثيات موقع التجربة (36.386841, 43.131727) فوق مستوى سطح البحر بمقدار (235 متر) طوبوغرافية الحقل تميزت باستوائها والتربة كانت ذات نسجه طينية وعمق الحراثة كان 40 سم ، موقع التجربة موضح بالشكل (1).



شكل (1) موقع التجربة

تصميم التجربة

أجريت تجربة عاملية بثلاثة عوامل الأول رقم سيتان ووقود الديزل بثلاثة مستويات (وقود ديزل بدون إضافة ذو رقم السيتان (54) ، ووقود ديزل ذو رقم السيتان (57) ، ووقود ديزل ذو رقم السيتان (60) والثاني نوع حافة الساق لمحراث تحت التربة بمستويين (حافة الساق التقليدية وحافة الساق المصنعة محلياً) والثالث نوع أجنحة محراث تحت التربة بمستويين (أجنحة ذات العرض 35 سم وأجنحة ذات العرض 45 سم) تم استعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبنظام الألوام (Split-Split plot) إذ عُدَّ عامل رقم سيتان ووقود الديزل كألوام رئيسية (Main-plot) بثلاثة مستويات وُعِدَّ نوع حافة الساق لمحراث تحت التربة كألوام ثانوية (Sub-plot) بمستويين أما نوع الأجنحة عُدَّت كألوام منشقة - منشقة (Sub-Sub-plot) وبمستويين . قسمت التجربة على 12 معاملة وبثلاثة مكررات لكل معاملة وكان طول المعاملة

90 متر وعدد الوحدات التجريبية 36 وحدة تجريبية اختبرت المتوسطات بواسطة اختبار دنكن متعدد المدى عند مستوى احتمال 0.05 لاختبار معنوية الفروقات بين متوسطات المعاملات المختلفة (Dawood and Zaki, 1990).

جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية

تم تحليل عينات الوقود بالجهاز من شركة SHATOX وموديل SX-250 وهو عبارة عن جهاز محمول صغير الحجم يستخدم لتحليل جودة المنتجات النفطية ويستخدم لقياس عدد الأوكتان Octane number وعدد السيتان Cetane number لوقود البنزين والديزل على التوالي ويستخدم أيضا في قياسات أخرى سواء للوقود أو الزيوت ويمتاز هذه الجهاز بصغر حجمه وسهولة استخدامه بإمكانية استخدامه في أماكن مختلفة لقياس جودة الوقود وتحديد نقاوة الزيوت المختلفة وتحديد محتوى الماء في الوقود وكذلك يمتاز بالدقة العالية بقياس عدد الأوكتان أو السيتان إذ ويمكن ربط هذه الجهاز مع جهاز كمبيوتر شخصي لحفظ القراءات إذ تم استخدام هذا الجهاز لتحضير عينات وقود الديزل مختلفة رقم السيتان وذلك بإضافة محسن وقود الديزل إليها يحتوي هذا الجهاز على شاشة عرض تظهر قراءات فحص الوقود المختلفة وعلى وعاء صغير يحتوي على حساسات لوضع عينة الوقود المراد فحصها وعلى كيبول توصيل لوصول الوعاء بالجهاز صورة الجهاز موضحة في الشكل (2) ومواصفات هذا الجهاز موضحة في الجدول (1).



الشكل (2) جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية

الجدول (1) مواصفات جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية

المواصفات	المصطلح
SHATOX	اسم الشركة
SX_250	الموديل
روسي	المنشأ
100-20	نطاق قياس مستوى السيتان في الديزل
±1.0	الحد الأقصى لخطأ القياس لمستوى السيتان
%4-0	نطاق قياس نسبة الماء في الديزل
5-1 ثانية	زمن القياس
45*100*211 ملم	ابعاد الجهاز
100*60 ملم	ابعاد المستشعر
680 غرام	وزن الجهاز مع المستشعر

محسن وقود الديزل

تم استخدام محسن وقود الديزل وهو من منشأ أمريكي ومن شركة AMSOIL إذ يعمل هذا المحسن على رفع وتحسين وتعزيز من رقم سيتان وقود الديزل ويصل إلى زيادة بمقدار 8 ارقام من رقم السيتان ويعمل أيضا على تحسين من أداء المحرك من خلال تحسين جودة الاحتراق وكذلك التقليل من استهلاك الوقود وأيضا يعمل على تقليل انبعاثات العادم والتقليل من الدخان هذا المنتج يستعمل لجميع أنواع محركات الديزل صورة المحسن موضحة في الشكل (3) ومواصفاته موضحة في الجدول (2).



الشكل (3) محسن وقود الديزل

الجدول (2) مواصفات محسن الوقود AMOIL

المواصفات	المصطلح
AMSOIL	اسم الشركة
ADSCN	رمز المنتج
AMSOIL Diesel Injector Clean+ Cetane Boost	اسم المنتج
زيادة رقم السيتان وتحسين الأداء وتنظيف حاقيات الوقود وتقليل الانبعاثات	وظيفة المنتج
يرفع رقم السيتان الى 8 نقاط	زيادة رقم السيتان
تحسين الاقتصاد في استهلاك الوقود بنسبة 8%	تحسين استهلاك الوقود
امريكي	المنشأ
يتوافق مع المتطلبات الفيدرالية الامريكية	تصنيف المنتج
امن للاستخدام مع جميع أنواع وقود الديزل سواء الوقود منخفض الكبريت والبيو ديزل	إمكانية الاستخدام
زيت أساسي مهدرج ، زليلين ، نفتالين ، فينول ، 4-دوديسيل متفرع	مكونات المحسن
سائل قابل للاشتعال وضار في حال الابتلاع ويسبب تهيج للجلد في حال ملامسته وبخاره المتصاعد ضار	تحذيرات المنتج ومخاطره
يحفظ في مكان بارد وجيد التهوية	التخزين
16 اونصة (473 مل)	حجم العبوة

الساحبات الزراعية المستعملة

الساحبة الأولى المستخدمة في الدراسة والتي تعد مصدر القدرة اللازمة لتنفيذ عملية الحراثة هي من نوع (MASSEY – FERGUSON) موديل (285 S) من شركة (UZEL) التركيبية مواصفات هذه الساحبة موضحة أيضا في الجدول (3).

أما الساحبة الثانية التي تم استخدامها فهي كانت من نوع (New Holland) من موديل (TD80) والتي تم ربط محراث تحت التربة الترددي عليها وتم وضع عتلة تغيير السرعة لهذه الساحبة على الوضع الحياض وذلك لسحبها هي ومحراث تحت التربة الترددي عن طريق الساحبة الأولى مواصفات هذه الساحبة موضحة في الجدول (4).

الجدول (3) مواصفات الساحبة الزراعية (MASSEY – FERGUSON)

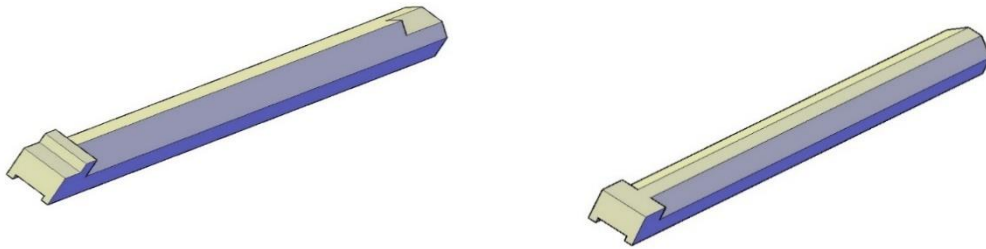
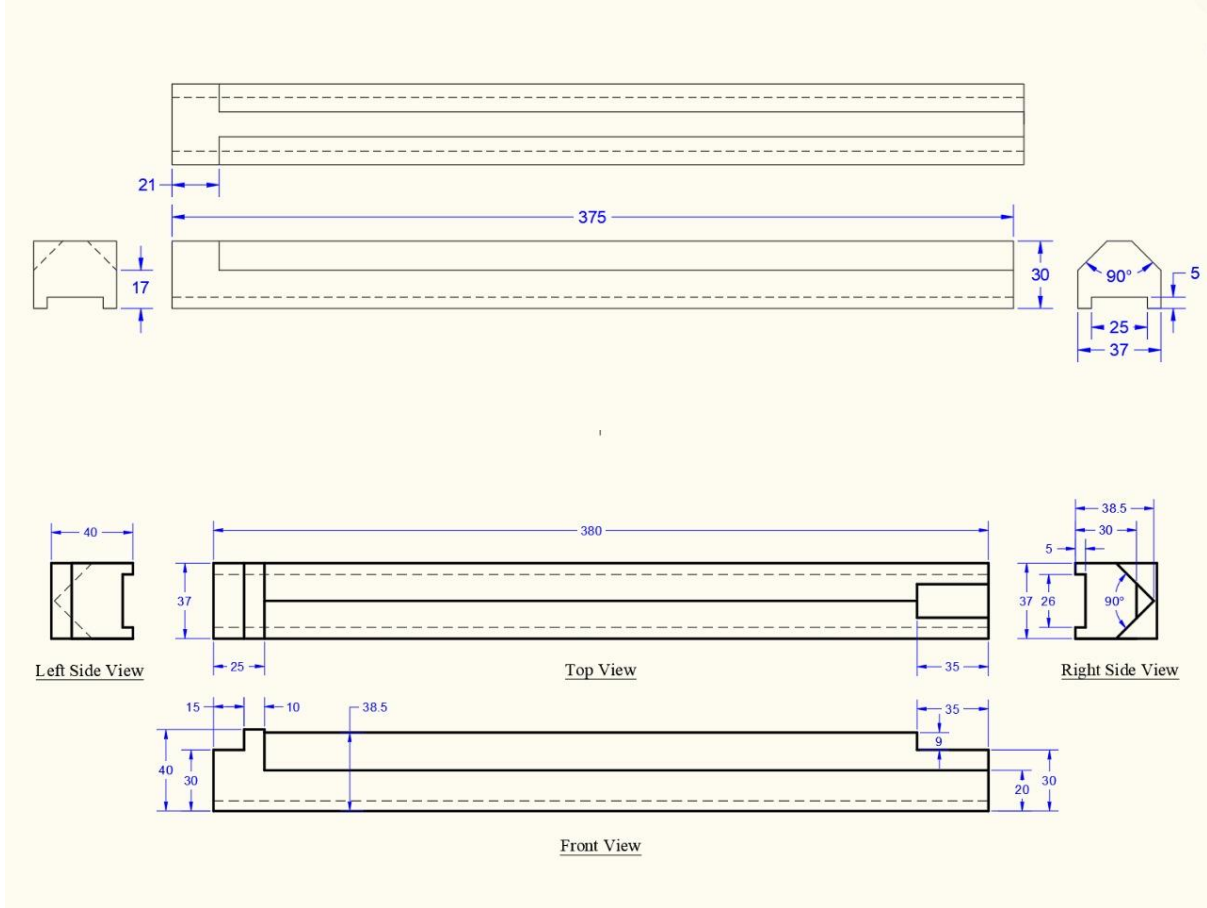
المواصفات	المصطلح
MASSEY – FERGUSON 285 S	نوع الساحبة
Perkins A4.318 رباعي الاشواط	نوع وموديل المحرك
UZEL	اسم الشركة
2020	سنة الصنع
تركبي	المنشأ
4 أسطوانات	عدد الأسطوانات
114*127 ملم	قطر الأسطوانة * طول الشوط (ابعاد المكبس)
2000 دورة في الدقيقة	عدد دورات عمود المرفق
17.5:1	نسبة الانضغاط
مائي	نظام التبريد
8 سرعات	عدد السرعات الامامية
2 سرعات	عدد السرعات الخلفية
دفع خلفي (2WD)	نظام الدفع
75 حصان ميكانيكي	قدرة المحرك الحصانية
400 سم	طول الساحبة الكلي
190 سم	عرض الساحبة الكلي
7.50-16 سم	ابعاد العجلات الامامية
18.4-30 سم	ابعاد العجلات الخلفية
ديزل	نوع الوقود
87.1 لتر	سعة الخزان

الجدول (4) مواصفات الساحبة الزراعية New Holland

المواصفات	المصطلح
New Holland TD80	نوع الساحبة
New Holland S8000 رباعي الاشواط	نوع وموديل المحرك
4 أسطوانات	عدد الأسطوانات
115*104 ملم	قطر الأسطوانة * طول الشوط (ابعاد المكبس)
2500 دورة في الدقيقة	عدد دورات عمود المرفق
12 سرعة	عدد السرعات الامامية
12 سرعة	عدد السرعات الخلفية
رباعي الدفع (4WD)	نظام الدفع
80 حصان ميكانيكي	قدرة المحرك الحصانية
2021	سنة الصنع
تركبي	المنشأ
386.5 سم	طول الساحبة الكلي
180.8 سم	عرض الساحبة الكلي
12.4-24 سم	أبعاد العجلات الامامية
18.4-30 سم	أبعاد العجلات الخلفية
ديزل	نوع الوقود
77 لتر	سعة الخزان

تصنيع حافة ساق Leg edge

إن عملية تصنيع حافة ساق محراث تحت التربة تتطلب دقة وعناية وذلك لضمان متانة وفعالية الأداة إذ بعد اختيار التصميم الجديد والمناسب لحافة ساق محراث تحت التربة والذي يختلف عن التصميم القديم للساق التقليدي من حيث الشكل الامامي إذ التصميم الجديد للساق شكله الأمامي مشابه لحافة السكين إذ تم رسم التصميمين التقليدي والمصنع محليا بواسطة برنامج الأوتوكاد CAD والموضحة في الشكلين (4) و(5) والتي تبين التصميم ثنائي الأبعاد وثلاثي الأبعاد على التوالي إذ تم إجراء رسم التصميم في قسم الهندسة الميكانيكية - كلية الهندسة - جامعة الموصل.



الشكل (4) تصميم ثنائي الأبعاد لحافة ساق المحراث التقليدية والمصنعة محليا

ب: الحافة المصنعة محليا

أ: الحافة التقليدية

الشكل (5) تصميم ثلاثي الأبعاد لحافة ساق المحراث التقليدية والمصنعة محليا

إذ تم إجراء عدة فحوصات واختبارات له لمعرفة خصائص هذا المعدن المختلفة ومطابقتها للمواصفات المطلوبة من تحمل الضغوطات والكدمات المختلفة وتحملها التآكل الناتج من الاحتكاك بالتربة والصخور إذ تم فحص نماذج المعدن في مختبر قسم الهندسة الميكانيكية - كلية الهندسة - جامعة الموصل إذ تم فحص النموذج باستخدام جهاز تحليل مكونات الصلب (ARUN Technology-Poly Spek) وبمعدل أربع نقاط فحص للنموذج والنتائج موضحة في الجدول (5) التي تبين فحص مكونات النموذج .

الجدول (5) فحص مكونات النموذج

العينة	صفحة فولاذية
C	0.314
Mn	0.663
Si	0.094
Cr	0.027
Mo	0.084
Ni	0.054
P	0.005
S	0.004
Ti	0.004
V	0.003
Fe	Rem.
المعيار العالمية	AISI1030

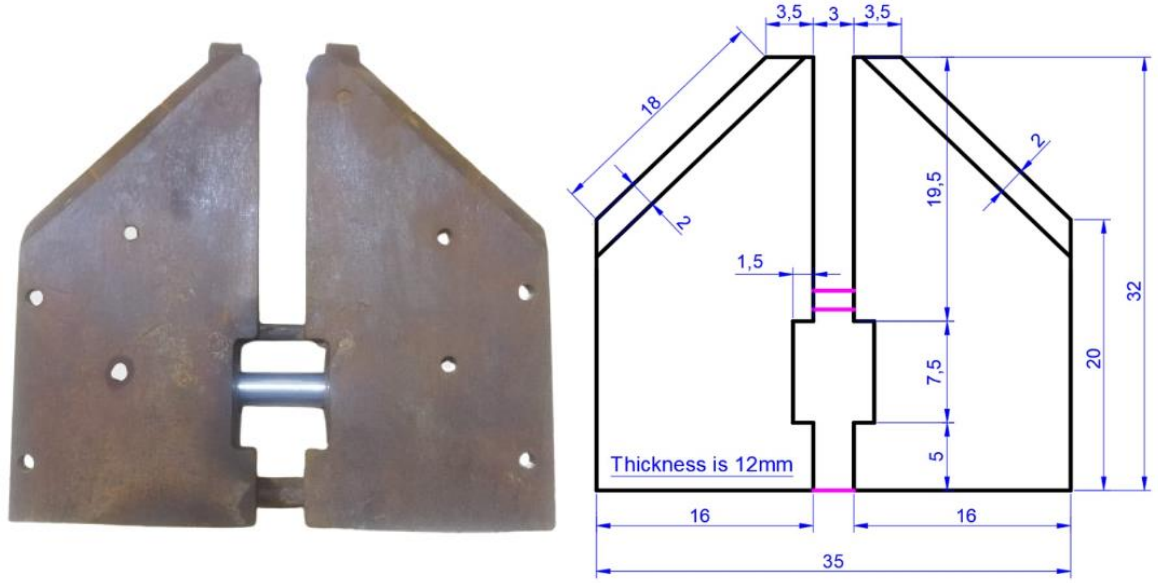
وتم إجراء فحص الخواص الميكانيكية للنموذج وقد تبين من خلال النتائج الموضحة في الجدول (6) إن النموذج من الصلب الكربوني ومطابق للمواصفة (ASTM A512-17)

الجدول (6) الخواص الميكانيكية للنموذج

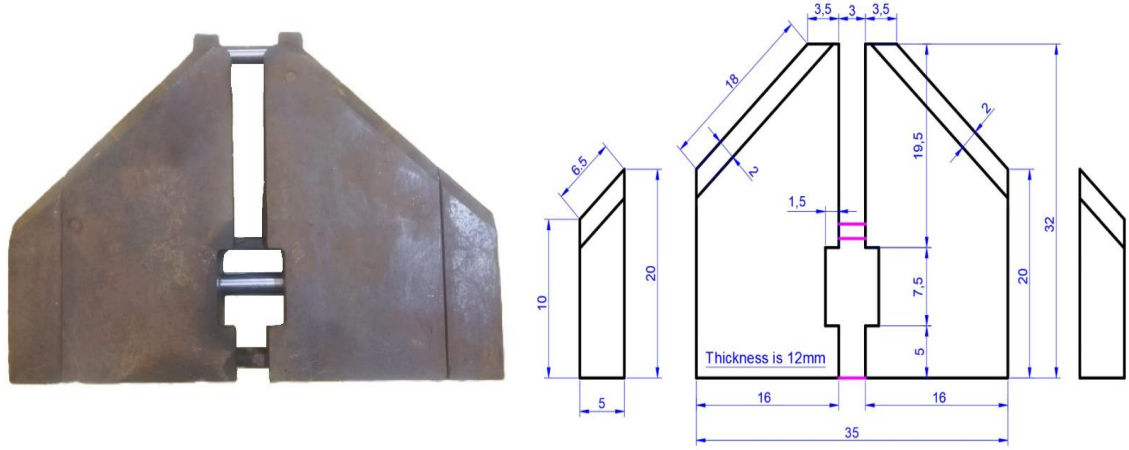
العينة	صفحة فولاذية
الصلادة HRB	81
اجهاد الخضوع	265 ميكا باسكال
اجهاد الشد (اعظم اجهاد)	532 ميكا باسكال
نوع المعدن	فولاذ كربوني
المعيار القياسي	A36/A36M-14

أجنحة المستخدمة Wings

الأجنحة المستخدمة في هذه الدراسة ذات عرض متغير إذ إن عرضها 35 سم وكما مبين في الشكل (6) الذي يوضح أبعاد هذه الأجنحة إذ يمكن تغيير عرض هذه الأجنحة وذلك عن طريق إضافة قطعة حديدية ذات عرض 5 سم على جانبي الأجنحة وتثبيتها مع الأجنحة عن طريق براغي الشد وبذلك يصبح عرض الأجنحة بعد إضافة القطعتين الحديديتين 45 سم وكما موضح في الشكل (7) الذي يبين أبعاد الأجنحة ذات العرض 45 سم.



الشكل (6) أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم



الشكل (7) أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم

تحضير عينات وقود الديزل

تم في هذه الدراسة تحضير ثلاث عينات من وقود الديزل مختلفة رقم السيتان وذلك باستخدام محسن الوقود إذ تم استخدام محسن الوقود AMSOIL لرفع رقم سيتان وقود الديزل إذ أن الوقود المستخدم في هذه الدراسة كان من شركة كار التابعة لمحافظة أربيل إذ إن العينة الأولى من وقود الديزل كانت وقود اعتيادي بدون إضافة محسن الوقود إذ تم فحص هذه العينة بواسطة جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية (SHATOX) في مختبر خواص نפט وغاز طبيعي - قسم هندسة النفط والتكرير - كلية هندسة النفط والتعدين - جامعة الموصل وذلك لمعرفة رقم السيتان لهذه العينة وكما موضح في الشكل (8).



الشكل (8) رقم سيتان العينة الأولى

بعد فحص العينة الأولى من وقود الديزل تبين أنها ذات رقم سيتان (54) وبعد معرفة رقم السيتان تم فحص هذه العينة لمعرفة المواصفات القياسية لهذه العينة وكما مبين في الجدول (7) والذي يتضمن عدة فحوصات للعينة.

العينة الثانية من وقود الديزل التي تم تحضيرها تمت باستخدام جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية (SHATOX) إذ تم استخدام محسن وقود الديزل AMSOIL لرفع رقم السيتان من (54) إلى (57) أي بمقدار ثلاثة أرقام إذ تمت هذه الزيادة عن طريق إضافة نسبة معينة من المحسن إلى وقود الديزل إذ تمت إضافة 10 مل من المحسن لكل 1 لتر من وقود الديزل والشكل (9) يوضح طريقة الفحص.

الجدول (7) مواصفات العينة الأولى من وقود الديزل

المصطلح	المواصفات	الطريقة
رقم السيتان	54	SHATOX SX_250
الكثافة عند 15.0°C غرام/سم ³	0.8234	ASTM D - 1250
نقطة الوميض (P.M.) °C	70.0	ASTM D - 93
اللزوجة عند 40 °C cst	2.34	ASTM D - 445
محتوى الكبريت %	0.812	ASTM D - 4294
اللون (ASTM)	0.5	ASTM D - 1500



الشكل (9) رقم سيتان العينة الثانية

وبعد تحضير العينة الثانية من وقود الديزل ذات رقم السيتان (57) تم أيضا فحص هذه العينة لمعرفة المواصفات القياسية لهذه العينة وكما مبين في الجدول (8) والذي يتضمن عدة فحوصات للعينة.

الجدول (8) مواصفات العينة الثانية من وقود الديزل

المصطلح	المواصفات	الطريقة
رقم السيتان	57	SHATOX SX_250
الكثافة عند 15.0°C غرام/سم ³	0.8241	ASTM D - 1250
نقطة الوميض (P.M.) °C	70.5	ASTM D - 93
اللزوجة عند 40 °C cst	2.36	ASTM D - 445
محتوى الكبريت %	0.821	ASTM D - 4294
اللون (ASTM)	0.5	ASTM D - 1500

العينة الثالثة من وقود الديزل التي تم تحضيرها تمت باستخدام جهاز تحليل جودة المنتجات النفطية (SHATOX) إذ تم استخدام محسن وقود الديزل AMSOIL لرفع رقم السيتان من (54) الى (60) أي بمقدار ستة ارقام إذ تمت هذه الزيادة عن طريق إضافة نسبة معينة من المحسن إلى وقود الديزل إذ تمت إضافة 14.5 مل من المحسن لكل 1 لتر من وقود الديزل والشكل (10) يوضح طريقة الفحص.



الشكل (10) رقم سيتان العينة الثالثة

وبعد تحضير العينة الثالثة من وقود الديزل ذات رقم السيتان (60) تم أيضا فحص هذه العينة لمعرفة المواصفات القياسية لهذه العينة وكما مبين في الجدول (9) والذي يتضمن عدة فحوصات للعينة.

الجدول (9) مواصفات العينة الثالثة من وقود الديزل

المصطلح	المواصفات	الطريقة
رقم السيتان	60	SHATOX SX_250
الكثافة عند C°15.0 غرام /سم ³	0.8234	ASTM D - 1250
نقطة الوميض C° (P.M.)	70.0	ASTM D - 93
اللزوجة عند C° 40 cst	2.34	ASTM D - 445
محتوى الكبريت %	0.812	ASTM D - 4294
اللون (ASTM)	0.5	ASTM D - 1500

قياس السرعة النظرية والسرعة الفعلية

بعد ربط جهاز قياس قوة السحب بين الجرارين تم تحديد مسافة قدرها 30 متر إذ وضعت علامات دلالة عند بداية ونهاية هذه المسافة وتم تسيير الجرارين بهذه المسافة وبسرعة دوران للمحرك 2000 دورة/دقيقة وعتلة صندوق السرعة وضعت على السرعة المخفضة الثالثة هذا كان بالنسبة للجرار الأول MASSEY – FERGUSON 285 S بينما بالنسبة للجرار الثاني New Holland TD80 وضعت عتلة صندوق السرعة على وضع الحياض في هذه المرحلة وعند تسيير الجرارين تم أخذ قراءات قوة السحب اللازمة لسحب الجرار New Holland TD80 من الجهاز المربوط بين الجرارين مباشرة في الحقل والمحراث مرفوع فوق سطح التربة وتم أيضا حساب الزمن اللازم لقطع هذه المسافة والذي يعد الزمن النظري ومن خلال المسافة المقطوعة والزمن المستغرق يتم حساب السرعة النظرية ومن خلال المعادلة :-

$$Vt = (L/Tt) \times 3.6 \dots\dots\dots(1)$$

Vt: السرعة النظرية (كم/ساعة) L: المسافة المقطوعة (متر) Tt: الزمن اللازم لقطع المسافة (ثانية)

بعد تسيير الجرارين وجهاز قياس قوة السحب مربوط بينهما ومحراث تحت التربة في حالة عمل والأجنحة في حالة اهتزاز وتم مسبقا تثبيت جهاز قياس اهتزاز مقعد السائق على أحد أعمدة مظلة السائق وتثبيت المستشعر أسفل مقعد السائق

وتم مسبقاً أيضاً تثبيت جهاز قياس استهلاك الوقود في حين جهاز قياس درجة حرارة العادم تم استخدامه يدوياً إذ تم قياس جميع المؤشرات المطلوبة بهذه المرحلة ولطول كل معاملة بمسافة (90) متر وبواقع ثلاثة مكررات بواقع (30) متر وبسرعة محرك 2000 دورة/دقيقة وعتلة صندوق السرعة على السرعة الثالثة المخفضة وتم إنجاز جميع معاملات الدراسة كما موضح في الجدول (1-3) وتم أيضاً حساب الزمن الفعلي اللازم لقطع مسافة كل مكرر (30) متر أثناء العمل ومن خلال المسافة المقطوعة والزمن الفعلي تم حساب السرعة الفعلية (العملية) كما موضح في المعادلة الآتية

$$Vp = (L/Tp) \times 3.6 \dots\dots\dots (2)$$

إذ إن:

Vp: السرعة الفعلية (العملية) (كم/ساعة) Tp: الزمن الفعلي المستغرق لقطع المسافة أثناء العمل (ثانية)

المؤشرات المدروسة

كفاءة السحب (%)

تعرف كفاءة السحب بأنها النسبة بين قدرة السحب والقدرة المتوفرة عند عجلات الدفع إذ تعد هذه الكفاءة من أهم مؤشرات الأداء الحقلية للجرار إذ تستخدم لتقييم أداء الجرارات لذلك يجب أن تكون أعلى ما يمكن وبذلك يتحسن أداء الجرار مع زيادة كفاءة السحب ولحساب كفاءة السحب لجرار مصدر القدرة تم الاعتماد على المعادلات الموضحة في (Aday 2016 a) ولكن في بداية الأمر تم قياس القوة اللازمة للسحب عن طريق جهاز قياس قوة السحب مباشرة في الحقل وبوحدة الكيلوغرام وتم تحويل هذه الوحدة إلى الكيلونيوتن عن طريق ضرب قيمة القوة بالتعجيل الأرضي 9.81 مترًا² ومن ثم القسمة على 1000.

تم حساب قوة السحب بالاعتماد على المعادلة :

$$Ft = Fpm - Frm \dots\dots\dots (3)$$

إذ إن:

Ft : القوة اللازمة لسحب محراث تحت التربة (كيلو نيوتن) **Fpm** : القوة اللازمة لسحب الجرار new

Holland td80 مع المحراث (كيلو نيوتن) **Frm** : القوة اللازمة لسحب الجرار new Holland td80 (كيلو نيوتن)

$$PF = F \times Va/3.6 \dots\dots\dots(4)$$

إذ إن:

PF: قدرة السحب (كيلوواط) F : القوة اللازمة لسحب المحراث (كيلو نيوتن) Va : السرعة الفعلية (كم/ساعة)

$$Pd = H \times Vt/3.6 \dots\dots\dots (5)$$

$$H = F + R \dots\dots\dots (6)$$

إذ إن:

Pd : القدرة عند عجلات الدفع (كيلوواط) H : قوة الدفع (كيلو نيوتن) Vt : السرعة النظرية (كم/ساعة) R : مقاومة التدرج (كيلو نيوتن)

$$\eta t = PF/Pd \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

إذ إن:

ηt : كفاءة السحب (%)

الاستهلاك النوعي للوقود (كيلو جرام/كيلوواط. ساعة)

لقد تم حساب الاستهلاك النوعي للوقود على أساس قدرة السحب إذ تم الاعتماد على المعادلة (Aday 2016 b) الآتية :

$$SFC = FC/PF \dots\dots\dots (8)$$

إذ إن:

FC : كمية الوقود المستهلكة (كيلو جرام/ساعة)

إذ تم قياس كمية الوقود المستهلكة عن طريق الأسطوانة المدرجة والتي تم تثبيتها على الجرار لتحل محل الخزان إذ في بداية الوحدة التجريبية تم ملء الأسطوانة إلى حد معين وفي نهاية المكرر تم حساب الاستهلاك (مل/ثانية) عن طريق حساب كمية النقص بالوقود وبوحدة المليتر خلال زمن قطع مسافة الوحدة التجريبية وبوحدة الثانية بعدها تم تحويل هذه الوحدة إلى (لتر/ساعة) بضرب القيمة السابقة بقيمة 3.6 بعدها تم التحويل من (لتر/ساعة) إلى (كيلو جرام/ساعة) وذلك بضرب قيمة الاستهلاك (لتر/ساعة) بكثافة الوقود 0.84 (كيلو جرام/لتر) وبذلك تصبح كمية الوقود المستهلكة بوحدة (كيلو جرام/ساعة).

طاقة السحب (كيلو جول/كيلو جرام)

تم حساب طاقة السحب من خلال العلاقة الآتية (عداي، 2016b)

$$Fe = \frac{F \times Va}{Fc} \dots\dots\dots (9)$$

إذ إن:

Fe : طاقة السحب (كيلو جول/كيلو جرام) F : قوة السحب (كيلو نيوتن): Va السرعة الأمامية (متر/ثانية) Fc : كمية الوقود المستهلكة (كيلو جرام/ثانية)
درجة حرارة العادم (درجة مئوية)

لقد تم قياس درجة حرارة العادم للجرار MASSEY – FERGUSON 285 S وذلك عن طريق توجيه فوهة جهاز Infrared thermometer الذي يحمل يدويا إلى مكان خروج غاز العادم وذلك بتوجيه الأشعة تحت الحمراء إلى المكان المخصص إذ تظهر القراءات على شاشة الجهاز والتي تم تسجيل جميع هذه القراءات وحسب الطريقة الموصوفة في (Ayoub et al., 2024).

النتائج والمناقشة

تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة الاستهلاك النوعي للوقود (كيلوغرام / كيلواط. ساعة)

يوضح الجدول (10) عدم وجود تأثير معنوي لرقم سيتان ووقود الديزل في صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) والتي بلغت 0.476 كيلوغرام/كيلواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) والتي بلغت 0.408 كيلوغرام/كيلواط. ساعة. أظهرت النتائج عدم وجود فرق معنوي لحافة ساق محراث تحت التربة في صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود عند حافة ساق محراث تحت التربة التقليدية إذ بلغت 0.452 كيلوغرام/كيلواط. ساعة بينما سجلت أقل قيمة وكانت 0.448 كيلوغرام/كيلواط. ساعة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود عند حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا.

تشير نتائج الجدول (10) أن هناك فرقا معنوياً لعرض أجنحة محراث تحت التربة على صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة لها عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم والتي بلغت 0.475 كيلوغرام/كيلواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم والتي بلغت 0.425 كيلوغرام/كيلواط. ساعة، وقد يرجع سبب ذلك إلى أن الأجنحة ذات العرض 45 سم ذات مساحة تلامس مع التربة أكبر من الأجنحة ذات العرض 35 سم مما يؤدي إلى زيادة مساحة إثارة التربة الذي ينعكس بصورة سلبية على كمية الوقود المستهلكة واتفق هذا السبب مع ما ذكره (Al-Aabagh et al., 2025). والذي بين أن زيادة عرض الأجنحة يؤدي إلى زيادة كمية الوقود المستهلك. أظهرت نتائج الجدول (10) عدم وجود تأثير ذي فرق معنوي للتداخل الثنائي بين رقم سيتان ووقود الديزل وحافة ساق محراث تحت التربة في صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة وكانت 0.499 كيلوغرام/كيلواط. ساعة عند التداخل الثنائي بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية بينما سجلت أقل قيمة تم تسجيلها لصفة الاستهلاك النوعي للوقود وكانت القيمة 0.393 كيلوغرام/كيلواط. ساعة عند التداخل الثنائي بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية.

لم يظهر التداخل الثنائي بين رقم سيتان ووقود الديزل وعرض أجنحة محراث تحت التربة تأثيراً ذي فرق معنوي في صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم والتي بلغت 0.521 كيلوغرام/كيلواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة وكانت 0.400 كيلوغرام/كيلواط. ساعة عند التداخل بين كل من وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم. تبين النتائج عدم وجود تأثير ذي فرق معنوي للتداخل الثنائي بين حافة الساق وعرض الأجنحة لمحراث تحت التربة على صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أقل قيمة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود وكانت 0.415 كيلوغرام/كيلواط. ساعة عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة

المصنعة محليا وأجنحة المحراث ذات العرض 35 سم، بينما سجلت أعلى قيمة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود وكانت 0.481 كيلوغرام/كيلوواط. ساعة عند التداخل بين كل من حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم. تشير نتائج الجدول (10) عدم وجود تأثير ذي فرق معنوي للتداخل الثلاثي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة الساق وعرض الأجنحة لمحراث تحت التربة في صفة الاستهلاك النوعي للوقود، وكانت نسبة الفرق 28.7% عند المقارنة بين أعلى قيمة مسجلة عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم وأقل قيمة مسجلة عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم.

جدول (10) تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة الاستهلاك النوعي للوقود (كيلوغرام/كيلوواط.ساعة)

رقم السيتان a	حافة الساق b	عرض الأجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b
		45	35	
54	التقليدي	0.449	0.550	0.499
	المصنع محليا	0.411	0.493	0.452
57	التقليدي	0.395	0.392	0.393
	المصنع محليا	0.406	0.441	0.423
60	التقليدي	0.464	0.464	0.464
	المصنع محليا	0.428	0.508	0.468
التداخل بين رقم السيتان وعرض الأجنحة a*c	54	0.430	0.521	0.476
	57	0.400	0.416	0.408
	60	0.446	0.486	0.466
التداخل بين حافة الساق وعرض الأجنحة b*c	التقليدي	0.436	0.469	0.452
	المصنع محليا	0.415	0.481	0.448
عرض الأجنحة (سم) c		A	B	0.475

تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة طاقة السحب (كيلو جول/ كيلوغرام)

يبين الجدول (11) عدم وجود فرق معنوي لتأثير رقم السيتان لوقود الديزل في صفة طاقة السحب إذ كانت نسبة الفرق 13.97 و 2.38% لكل من وقود الديزل ذو رقم السيتان (57 و 60) مقارنة مع وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) على التوالي. لم يظهر لنوع حافة الساق لمحراث تحت التربة تأثير معنوي في صفة طاقة السحب إذ سجلت أعلى قيمة لطاقة السحب والتي بلغت 8155.9 كيلو جول/ كيلوغرام عند حافة الساق المصنعة محليا لمحراث تحت التربة بينما سجلت أقل قيمة لطاقة السحب وبلغت 8146.0 كيلو جول/ كيلوغرام عند حافة الساق التقليدية لمحراث تحت التربة.

أظهرت النتائج أن لعرض أجنحة محراث تحت التربة تأثير ذي فرق معنوي في صفة طاقة السحب، إذ حققت أجنحة المحراث ذات العرض 35 سم أعلى قيمة لهذه الصفة والتي بلغت 8564.0 كيلو جول/ كيلوغرام مقارنة مع عرض الأجنحة 45 سم والتي سجلت أقل قيمة لطاقة السحب وبلغت 7737.9 كيلو جول/ كيلوغرام، ويرجع سبب ذلك إلى أن كمية الوقود المستهلكة عند استخدام أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم كانت أقل من كمية الوقود المستهلكة باستخدام محراث تحت التربة بالأجنحة ذات العرض 45 سم بسبب زيادة مساحة التلامس بين الأجنحة والتربة ومن ثم زيادة احتكاك التربة بالمعدن واتفق هذا السبب مع ما توصل إليه (Odey et al., 2018) و (Hilal et al., 2021) إذ بين أن متطلبات الطاقة واستهلاك الوقود تزداد عند إضافة الأجنحة لمحراث تحت التربة مقارنة بالمحراث بدون أجنحة.

لم يظهر التداخل الثنائي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة الساق لمحراث تحت التربة تأثيراً ذي فرق معنوي في صفة طاقة السحب، إذ تحققت أعلى قيمة لطاقة السحب وكانت 9187.6 كيلو جول/ كيلوغرام عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة الساق لمحراث تحت التربة التقليدية بينما كانت أقل قيمة لطاقة السحب عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة الساق لمحراث تحت التربة التقليدية وكانت 7293.9 كيلو جول/ كيلوغرام.

يتبين من الجدول (11) عدم وجود فرق معنوي للتداخل الثنائي بين رقم سيتان وقود الديزل وعرض أجنحة محراث تحت التربة في صفة طاقة السحب، إذ بلغت أعلى قيمة لطاقة السحب 9046.7 كيلو جول/ كيلوغرام عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) والأجنحة ذات العرض 35 سم في حين كانت أقل قيمة لطاقة السحب والتي بلغت 6970.1 كيلو جول/ كيلوغرام عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) والأجنحة ذات العرض 45 سم. لم يظهر التداخل الثنائي بين حافة الساق لمحراث تحت التربة وعرض الأجنحة تأثيراً ذي فرق معنوي في صفة طاقة السحب إذ أظهرت نتائج الجدول (11) أن أعلى قيمة سجلت لطاقة السحب كانت عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحراث ذات العرض 35 سم والتي بلغت 8686.0 كيلو جول/ كيلوغرام، في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة طاقة السحب عند التداخل بين حافة الساق لمحراث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم والتي بلغت قيمتها 7625.7 كيلو جول/ كيلوغرام. نتائج التداخل الثلاثي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة الساق لمحراث تحت التربة وعرض أجنحة المحراث لم تظهر تأثيراً ذي فرق معنوي في صفة طاقة السحب وكانت نسبة الفرق 28.47% عند المقارنة بين أعلى قيمة مسجلة عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث ذات العرض 35 سم وأقل قيمة مسجلة عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم.

جدول (11) تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة طاقة السحب (كيلو جول/كيلوغرام)

رقم السيتان a	حافة الساق b	عرض الاجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	رقم السيتان a	حافة الساق b
		45	35			
54	التقليدي	8007.9	6579.9	7293.9	54	التقليدي
		8744.4	7360.4	8052.4		
57	المصنع محليا	9199.7	9175.5	9187.6	57	التقليدي
		8893.6	8407.7	8650.7		
60	المصنع محليا	8118.2	7794.8	7956.5	60	التقليدي
		8420.0	7109.0	7764.5		
التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c	54	8376.2	6970.1	7673.1	التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c	54
		9046.7	8791.6	8919.1		
التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c	60	8269.1	7451.9	7860.5	التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c	60
		8441.9	7850.0	8146.0		
عرض الاجنحة (سم) c	المصنع محليا	8686.0	7625.7	8155.9	عرض الاجنحة (سم) c	المصنع محليا
		8564.0	7737.9	7737.9		
		A	B			

تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة كفاءة السحب (%)

يبين الجدول (12) عدم وجود فرق معنوي لرقم سيتان وقود الديزل في صفة كفاءة السحب إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (60) إذ بلغت هذه القيمة 66.92 % في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة كفاءة السحب عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) إذ بلغت هذه القيمة 64.77 % . ومن خلال الجدول (12) تبين أن لحافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا تأثير معنوي في صفة كفاءة السحب مقارنة بالحافة التقليدية إذ سجلت أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند حافة الساق المصنعة محليا وبلغت 67.82 % بينما كانت أقل قيمة لصفة كفاءة السحب عند حافة ساق محراث تحت التربة التقليدية والتي بلغت 63.18 % وقد يرجع السبب في ذلك إلى أن تصميم حافة الساق المصنعة محليا والتي امتازت بحافة حادة تسهل من عملية اختراق التربة وقصها مما يقلل من رد الفعل الذي تبديه التربة لمقاومة القص ومن ثم ينعكس ذلك على زيادة السرعة العملية و التي هي أحد أهم عناصر زيادة قدرة السحب وفي المحصلة يحقق نتيجة إيجابية في صفة كفاءة السحب.

أظهرت النتائج ان لعرض أجنحة محراث تحت التربة ذات تأثير معنوي في صفة كفاءة السحب إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم والتي بلغت 67.69 % بينما أقل قيمة تم تسجيلها لصفة كفاءة السحب كانت عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم والتي بلغت 63.31 % , وقد يرجع السبب إلى أن الأجنحة ذات العرض 45 سم تؤدي إلى قص حجم تربة أكبر مقارنة بالأجنحة ذات العرض 35 سم مما يولد وزناً على العجلات الخلفية للجرار الزراعي التي تعمل على التحسين من أداء الجرار وزيادة مساحة التلامس والتقليل من نسبة الانزلاق والذي ينعكس بصورة إيجابية على السرعة الفعلية وقد يتفق هذا السبب مع ما ذكره (Aday, 2016 b) أن الوزن المنقول من العجلات الأمامية إلى العجلات الخلفية يعمل على تحسين وزيادة قوة ارتباط الإطارات مع مساحة التلامس ويعمل على التقليل من الفقد في القدرة , ويتفق مع ما ذكره (Hilal et al.,2021) الذي بين أن قابلية الجرار على توليد الدفع وحفظ التوازن يعتمد على إضافة الأوزان للإطارات الأمامية والخلفية. إن التداخل الثنائي بين كل من رقم سيتان وقود الديزل وحافة ساق محراث تحت التربة لم تظهر تأثيراً ذا فرق معنوي في صفة كفاءة السحب، إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند التداخل بين كل من وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا والتي بلغت 69.73 % بينما أقل قيمة تم تسجيلها لصفة كفاءة السحب كانت عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية والتي بلغت 59.81 % ويرجع السبب في ذلك إلى أن نسبة تأثير حافة الساق في كفاءة السحب كانت أكبر من نسبة تأثير رقم السيتان.

إن للتداخل الثنائي بين كل من رقم سيتان وقود الديزل وعرض أجنحة محراث تحت التربة تأثيراً ذا فرق معنوي على صفة كفاءة السحب إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (60) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم وبفارق معنوي مقارنة بكل التداخلات والتي بلغت 70.95 % بينما سجلت أقل قيمة لصفة كفاءة السحب عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم إذ بلغت 61.68 % وقد يرجع سبب ذلك إلى أن نسبة تأثير عرض الأجنحة في كفاءة السحب أكبر من نسبة تأثير إضافة محسن الوقود الذي يؤدي إلى تحسين عملية احتراق الوقود و تقليل وقت الاحتراق الذاتي للوقود واستغلال كامل الأوكسجين في غرفة الاحتراق. من خلال الجدول (12) تبين أن التداخل الثنائي بين حافة ساق وعرض أجنحة محراث تحت التربة لم يظهر تأثيراً ذا فرق معنوي في صفة كفاءة السحب إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحراث ذات العرض 45 سم والتي بلغت 71.38 % في حين أقل قيمة تم تسجيلها لصفة كفاءة السحب كانت عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة

التقليدية وأجنحة المحرث ذات العرض 35 سم والتي بلغت 62.36%. يتبين من الجدول (12) عدم وجود تأثير معنوي للتداخل الثلاثي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة الساق وعرض الأجنحة لمحرث تحت التربة على صفة كفاءة السحب إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة كفاءة السحب عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (60) وحافة ساق محرث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحرث ذات العرض 45 سم إذ بلغت 75.00% بينما سجلت أقل قيمة لصفة كفاءة السحب وكانت عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محرث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحرث ذات العرض 45 سم إذ بلغت 58.60%.

الجدول (12) تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة كفاءة السحب (%)

رقم السيتان a	حافة الساق b	عرض الأجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	رقم السيتان a	حافة الساق b	
		45	35				
54	التقليدي	58.60	61.03	59.81	54	التقليدي	
		69.76	69.70	69.73			
	المصنع محليا	66.50	63.03	64.76		57	المصنع محليا
		69.40	60.33	64.86			
	التقليدي	66.90	63.03	64.96		60	التقليدي
		75.00	62.76	68.88			
التداخل بين رقم السيتان وعرض الأجنحة a*c	54	65.36 BC	64.18 BC	64.77	54	التداخل بين رقم	
	57	61.68 C	67.95 BA	64.81	57	السيتان وعرض	
	60	62.90 BC	70.95 A	66.92	60	الأجنحة a*c	
التداخل بين حافة الساق وعرض الأجنحة b*c	التقليدي	62.36	64.00	63.18 B	التداخل بين حافة	التقليدي	
	المصنع محليا	64.26	71.38	67.82 A	الساق وعرض	المصنع محليا	
عرض الأجنحة (سم) c		63.31 B	67.69 A		عرض الأجنحة (سم)	c	

تأثير العوامل المدروسة وتداخلها في صفة درجة حرارة العادم (درجة مئوية)

من خلال الجدول (13) تبين أن لرقم سيتان وقود الديزل تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) إذ بلغت هذه القيمة 185.00 درجة مئوية بينما تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) إذ بلغت هذه القيمة 141.50 درجة مئوية قد يرجع السبب في ذلك إلى أن رقم السيتان (57) يقلل مدة التأخير بالاشتعال (Ignition Delay) إذ يشتعل الوقود أسرع عند الحقن ويؤدي إلى احتراق مبكر وزيادة الضغط والحرارة داخل الأسطوانة وارتفاع حرارة غازات العادم الخارجة وهذا يمنع الطرق المعدني (Knocking) مما يعني حماية المحرك، أما رقم السيتان (54) يزيد مدة التأخير بالاشتعال إذ يتجمع كمية أكبر من الوقود قبل الاشتعال وعند الاشتعال يحترق الوقود بشكل انفجاري سريع (تراكمي) وينتج طاقة مركزة في وقت أقصر وانخفاض حرارة العادم نسبياً، ويتفق هذا السبب مع ما ذكره (Abdullah, 2017) بأن رقم السيتان العالي يضمن اشتعالاً أسرع وأكثر كفاءة مما يؤدي إلى أداء أفضل للمحرك وحماية إضافية وفي المقابل رقم السيتان المنخفض قد يؤدي إلى اشتعال أقل كفاءة ولكن قد يقلل أيضاً من انبعاثات العادم في بعض الحالات.

تبين من الجدول (13) أن حافة ساق محراث تحت التربة ليس لها تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا والتي بلغت 170.38 درجة مئوية في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند حافة ساق محراث تحت التربة التقليدية والتي بلغت 163.50 درجة مئوية. أظهرت النتائج أن لعرض أجنحة محراث تحت التربة تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم إذ بلغت 172.88 درجة مئوية بينما أقل قيمة تم تسجيلها لصفة درجة حرارة العادم كانت عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم والتي بلغت 161.00 درجة مئوية وقد يرجع السبب في ذلك إلى أن زيادة عرض الجناح من 35 سم إلى 45 سم تؤدي إلى زيادة مساحة سطح التلامس مع التربة مما يرفع مقاومة السحب المطلوبة لتحريك المحراث (أي حمل ميكانيكي إضافي على المحرك) التي تتطلب مقاومة متزايدة وعملا أكبر من المحرك فيدفعه ذلك للعمل تحت حمل أعلى لتحقيق نفس سرعة التشغيل والذي يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود واحتراقه ومن ثم ارتفاع درجة حرارة غازات العادم الناتجة ويشير الفرق الكبير والمسجل (11.88 درجة مئوية) إلى أن اختيار عرض الجناح عامل بالغ الأهمية في تصميم المحارث إذ يتطلب تحقيق التوازن بين كفاءة العمل بتغطية مساحة أوسع بعرض أكبر وحماية المحرك من الإجهاد الحراري الزائد.

إن التداخل الثنائي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة ساق محراث تحت التربة ومن خلال الجدول (13) له تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا إذ بلغت هذه القيمة 190.00 درجة مئوية في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية والتي بلغت 127.16 درجة مئوية وقد يرجع السبب في ذلك إلى خصائص الوقود ومقاومة التربة , ان تأثير رقم السيتان المنخفض (54) يعطي جودة اشتعال أقل مما يؤدي إلى تأخر زمن الاشتعال في المحرك الذي يسبب تراكماً أكبر لكمية الوقود في الأسطوانة قبل الاشتعال مما ينتج عنه ارتفاع مفاجئ في ضغط الاحتراق ودرجة الحرارة القصوى داخل الأسطوانة وينعكس ذلك على ارتفاع درجة حرارة العادم على العكس من تأثير رقم السيتان المرتفع نسبياً (57) الذي يحسن اشتعال الوقود مما يقلل من التأخير في الاشتعال ويؤدي إلى احتراق أكثر سلاسة وانضباطاً تحت الظروف المثلى فضلا عن أن تأثير التصميم المحلي للحافة يزيد من حجم التربة المقطوعة ومساحة إثارة التربة مما ينعكس على الاحتكاك مع التربة بشكل ملحوظ مما يرفع الحمل على المحرك هذا يتطلب عزمًا أكبر من المحرك مما يدفعه للعمل تحت ظروف حمل مرتفعة حتى مع تحسن الاشتعال فإن الكمية الكبيرة من الوقود المحترق تحت الحمل العالي لتلبية الطلب على طاقة تولد كمية حرارة هائلة تتجلى في قيم العادم القصوى (190.00 درجة مئوية) إلى ان هذه القيمة لم تصل إلى الحد الأعلى المسموح به لارتفاع عادم المحرك إذ ذكره (Kim et al., 2024) إلى أن درجات حرارة العادم أثناء عملية الحراثة بالمحارث المختلفة تتراوح بين 180 إلى 225 درجة مئوية.

إن التداخل الثنائي بين رقم سيتان وقود الديزل وعرض أجنحة محراث تحت التربة أظهر تأثيراً معنوياً في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم إذ بلغت هذه القيمة 190.50 درجة مئوية بينما تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم إذ بلغت هذه القيمة 116.33 درجة مئوية ويرجع ذلك إلى تداخل تأثير رقم السيتان وعرض الاجنحة والمذكورة انفا في الفقرات أعلاه.

ومن خلال الجدول (13) فإن التداخل الثنائي بين حافة ساق محراث تحت التربة وعرض أجنحة محراث تحت التربة ليس له تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة سواء التقليدية أو المصنعة محليا وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم إذ بلغت هذه القيمة 172.88 درجة مئوية في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين حافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم إذ بلغت هذه القيمة 154.11 درجة مئوية. إن التداخل الثلاثي بين رقم سيتان وقود الديزل وحافة ساق محراث تحت التربة وعرض أجنحة المحراث ليس له تأثير معنوي في صفة درجة حرارة العادم إذ تم تسجيل أعلى قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (60) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث ذات العرض 35 سم إذ بلغت هذه القيمة 201.33 درجة مئوية في حين تم تسجيل أقل قيمة لصفة درجة حرارة العادم عند التداخل بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية واجنحة المحراث ذات العرض 35 سم إذ بلغت هذه القيمة 91.33 درجة مئوية.

جدول (13) تأثير العوامل المدروسة وتداخلاتها في صفة درجة حرارة العادم (درجة مئوية)

رقم السيتان a	حافة الساق b	عرض الأجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	رقم السيتان a
		45	35		
54	التقليدي	163.00	91.33	127.16 D	54
		170.33	141.33	155.83 C	
57	المصنع محليا	190.33	169.67	180.00 BA	57
		190.67	189.33	190.00 A	
60	التقليدي	165.33	201.33	183.33 A	60
		157.67	173.00	165.33 BC	
التداخل بين رقم السيتان وعرض الأجنحة a*c		166.66 BC	116.33 D	141.50 B	التداخل بين حافة الساق وعرض الأجنحة b*c
		190.50 A	179.50 BAC	185.00 A	
		161.50 C	187.16 BA	174.33 A	
التداخل بين حافة الساق وعرض الأجنحة b*c		172.88	154.11	163.50	عرض الأجنحة (سم) c
		172.88	167.88	170.38	
		172.88 A	161.00 B		

الاستنتاجات

تعتبر هذه الدراسة من الدراسات القليلة التي حسبت آثار رقم سيتان وقود الديزل وإنتاج حافة الأجنحة والساق في حقل مفتوح، توصلت إلى الاستنتاج التالي: من خلال توثيق القيم المثلى لكل من المؤشرات الميكانيكية والتي شملت كل من الاستهلاك النوعي للوقود وكفاءة السحب وطاقة السحب ودرجة حرارة العادم - أظهرت نتائج الدراسة تفوق رقمي السيتان 57 و60 والتطوير في الآلة من خلال تصنيع الأجنحة وحافة الساق أفضل القيم في كل المؤشرات الميكانيكية. وسجل أفضل النتائج عند تداخل عرض أجنحة 35 سم والحافة المصنعة محليا رقمي السيتان 57 و60 وكانت النتائج

المسجلة أكثر انسجامًا مع القيم التي أوصت بها البحوث المنظمات الدولية. يوصي الباحثون بإجراء المزيد من التجارب الميدانية للتحقيق في تأثير العوامل رقم السيتان على الطاقة المكافئة والظروف البيئية.

References

- Abdullah, K. D. (2017). Study the effect of the initial temperature of diesel fuel upon engine performance, by using ci engine. *Journal of Petroleum Research and Studies*, 7(1), 183-199. <https://doi.org/10.52716/jprs.v7i1.175>
- Aday, S. H., & Al-sahwan, T. D. (2008). An investigation into the effect of both tires inflation pressure and weight of traction wheels on the field performance of MF285S tractor. *Basrah J. Agric. Sci.(special issue)*, 21. https://www.researchgate.net/publication/330261760_An_investigation_into_the_effect_of_both_tires_inflation_pressure_and_weight_of_traction_wheels_on_the_field_performance_of_MF285S_tractor
- Aday, S.H., 2016a. Tractor Performance Mechanics, Part 1. Department of Agricultural Machinery and Equipment, College of Agriculture, University of Basra, Dar Al-Kafeel for Printing, Publishing and Distribution, Basra, Iraq. (in Arabic) <https://www.iraqnl.gov.iq/opac/fullrecr.php?nid=396262&hl=ara>
- Aday, S.H., 2016b. Tractor Performance Mechanics, Part 2. Department of Agricultural Machinery and Equipment, College of Agriculture, University of Basra, Dar Al-Kafeel for Printing, Publishing and Distribution, Basra, Iraq. (in Arabic)
- Al-Aabagh, H. A. A., Hilal, Y. Y., & Mahdi, K. (2025). Comparison of Subsoiler Plow Performance using Different Vibration Wings Designs. *Acta Technologica Agriculturae*, 28(1), 32-40. <https://doi.org/10.2478/ata-2025-0005>
- Ali, O. M., Hasan, F. H., & Khalaf, A. Z. (2018). Improving diesel engine efficiency and emissions using fuel additives. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 11(2) 74-78. <https://djes.info/index.php/djes/article/view/156>
- Almaliki, S., Himoud, M., & Al-Khafajie, A. (2019). Artificial neural network and stepwise approach for predicting tractive efficiency of the tractor (CASE JX75T). *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 50(4) 1008-1017. <https://doi.org/10.36103/ijas.v50i4.745>
- Ayoub, H. H., Rajab, R. H., & Hilal, Y. Y. (2024). An experimental investigation on the influence of enhancers fuel and some performance indicators on a two-leg subsoiler plow. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(6), 1057-1072. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2209>
- Dawood, K.M. and Zaki, A.A., 1990. Statistical Methods for Agricultural Research. Directorate of Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, Ministry of Higher Education and Scientific Research. (in Arabic) <https://www.iraqnl.gov.iq/opac/fullrecr.php?nid=141108&hl=ara>
- EL-Seesy, A. I., Kosaka, H., Hassan, H., & Sato, S. (2019). Combustion and emission characteristics of a common rail diesel engine and RCEM fueled by n-heptanol-diesel blends and carbon nanomaterial additives. *Energy Conversion and Management*, 196, 370-394. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.049>

- Firew, D., Nallamotheu, R. B., Alemayehu, G., & Gopal, R. (2022). Performance and emission evaluation of CI engine fueled with ethanol diesel emulsion using NiZnFe₂O₄ nanoparticle additive. *Heliyon*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11639>
- Hilal, Y. Y., Al-rajabo, S. A. J., & Dahham, G. A. (2021). The effects of vibrating wings subsoiler plow on driver's seat of agricultural tractors and mechanization performance. *Soil and Tillage Research*, 205, 104806. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104806>
- Jbril, E. H., & Mekonen, M. W. (2021). Effect of fuel temperature on diesel engine performance and emission characteristics for ethanol-diesel blend fuel. *Global Scientific Journal*, GSJ: 9(3), 808 – 821. https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/Effect_of_fuel_temperature_on_diesel_engine_performance_and_emission_characteristics_for_ethanol_diesel_blend_fuel.pdf
- Kim, W. S., Baek, S. M., Baek, S. Y., Jeon, H. H., Siddique, M. A. A., Kim, T. J., ... & Kim, Y. J. (2024). Evaluation of exhaust emissions of agricultural tractors using portable emissions measurement system in Korean paddy field. *Scientific Reports*, 14(1), 3491. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53995-0>
- Md-Tahir, H., Zhang, J., Xia, J., Zhou, Y., Zhou, H., Du, J., ... & Mamona, H. (2021). Experimental investigation of traction power transfer indices of farm-tractors for efficient energy utilization in soil tillage and cultivation operations. *Agronomy*, 11(1), 168. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010168>
- Nassir, A. J. (2021). Effect of subsoiler plow leg shape, tillage depth, and tractor speed on some of field Performance Indicators and yield of oats. *University of Thi-Qar Journal of agricultural research*, 10(2), 68-93. <https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/03/10/cabbc1b024009bcf229e0dbe661a49ac.pdf>
- Nursal, R. S., Zali, Z., Amat, H. H., Ariffin, S. A., & Khalid, A. (2017). Comparative study of the performance and exhaust gas emissions of biodiesels derived from three different feedstocks with diesel on marine auxiliary diesel engine. *ARPN J. Eng. Appl. Sci*, 12(6), 2017-2028. http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0317_5858.pdf
- Odey, S. O., Manuwa, S. I., & Ewetumo, T. (2018). Development and performance evaluation of instrumented subsoilers in breaking soil hard-pan. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(3), 85-96. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4680/2787>
- Şimşek, S. (2020). Increasing cetane number of the diesel fuel by fuel additives. *International Journal of Automotive Science and Technology*, 4(4), 300-306. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1294387>
- Şimşek, S., & Uslu, S. (2021). Analysis of the effects of cetane improver addition to diesel on engine performance and emissions. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 10(1), 26-32. <https://doi.org/10.18245/ijaet.798221>
- Venkatesan, V., & Nallusamy, N. (2020). Pine oil-soapnut oil methyl ester blends: A hybrid biofuel approach to completely eliminate the use of diesel in a twin cylinder off-road tractor diesel engine. *Fuel*, 262, 116500. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116500>