JOURNAL OF PETROLEUM AND MINING
مجلة النفط والتعدين

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

علي حسين علي[1] يوسف يعقوب هلال[1] رقيب حمادي رجب[2]

[1] قسم المكائن 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 raqeeb.hummadi@uomosul.edu.iq

معلومات الارشفة

تاريخ الارشفة:

تاريخ الاستلام: 14 آب 2025

تاريخ المراجعة: 24 كانون الأول 2025

تاريخ القبول: 26 كانون الأول 2025

تاريخ النشر الالكتروني: 01 كانون الثاني 2026

الكلمات المفتاحية:

رقم السيتان

محسنات الوقود

طاقة السحب

الاستهلاك النوعي

كفاءة السحب

الملخص

أجريت الدراسة بهدف تقييم تأثير ثلاثة عوامل والتي شملت عامل رقم سيتان وقود 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 (اجنحة 35 سم و45 سم) على كل من الاستهلاك النوعي للوقود وكفاءة السحب وطاقة السحب ودرجة حرارة العادم. تم تحليل نتائج التجربة باستعمال (Randomized Completely Block Design) تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ونظام الألواح المنشقة (Split-Split plot) إذ عُدّ عامل رقم سيتان وقود الديزل كألواح رئيسة (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 الاجنحة 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). واظهرت 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 تاثير فعال في تحسين كفاءة محرك الاحتراق الداخلي.

DOI:10.33899/jpm.v2i1.61091, ©Authors, 2026, 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 Ali [1], Yousif Y. Hilal [2], Raqeeb Hummadi Rajab[3]

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

[2] Department of Agricultural Machine and Equipment, College of Agriculture and Forestay, 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

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

ABSTRACT

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:*10.33899/jpm.v2i1.61091*, ©Authors, 2026, 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

تُستخدم 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). بينّ(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 كمواد 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 وقود مضافة إليه المواد النانوية الكربونية كمواد محسنة والثاني الاعتيادي إلى أن هناك انخفاض في الاستهلاك النوعي للوقود المحسن وبحوالي 15% مقارنة مع الوقود الاعتيادي. توصل(Şimşek , 2020) عند استخدم 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.

بينّ (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 %ايثانول) والثاني (60% ديزل + 40%ايثانول) إذ عند المستوى الثاني كان أعلى استهلاك نوعي للوقود وبينوا سبب ذلك إلى أن زيادة الإيثانول المضاف الى 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 لمحراث 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 المحراث 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 وبنسب 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 المخرجة ونتيجة تحسين جودة الاحتراق.

تعرف كفاءة السحب بأنها قدرة الساحبة الزراعية على تحويل الطاقة الموجودة عند عجلات الدفع إلى قوة سحب وهناك عوامل عديدة تؤثر في كفاءة السحب من ضمنها ضغط انتفاخ الإطارات والحالة الفنية للإطارات وقوة القص للتربة ووزن الساحبة 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 التدحرج 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 الأمامية 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 أطلاق 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% ايثانول + 90% ديزل والنوع الثاني 40% ايثانول + 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 سابقي 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) واضافته 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%.

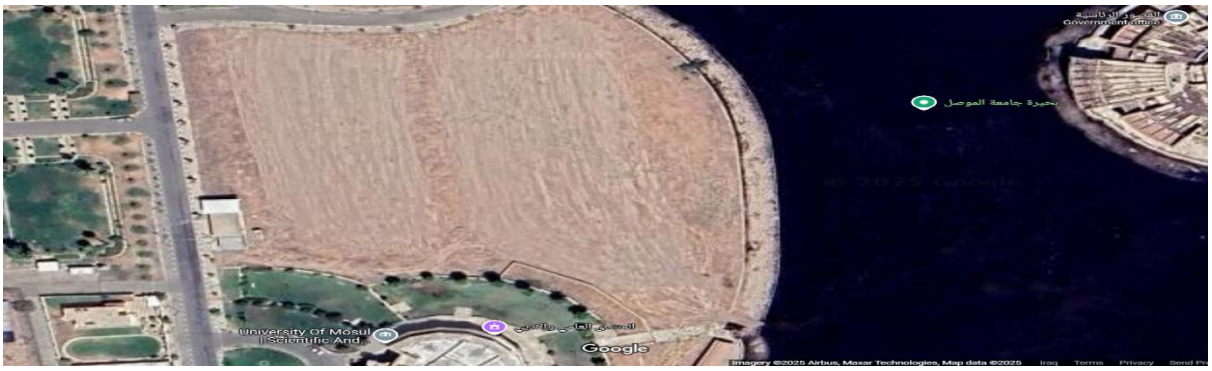
إن العامل الأكثر أهمية هو المُتمَثل بحُسن تصميم واختيار الأبعاد المناسبة والشكل المُلائم للأجزاء المُتعاملة مع التربة وعلى ضوء هذا طَرَحَت الشركات المُنتِجة والمُجهّزة للآلات الزراعية مجموعة كبيرة من أسلحة المحراث تحت التربة والتي لم تدخل لحد الآن حيز الاستخدام في العراق باستثناء بعض الدراسات التي تخص 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 المحاريث (Hilal et al., 2021). أيضا هناك مفهوم خاطئ لدى كثير من المزارعين أن هذا النوع من المحاريث الترددية يحتاج إلى طاقة عالية لذلك يعزفون عن استخدامه في حين لا توجد دراسة تقدر القدرة المطلوبة لهذا النوع من المحاريث 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 تحويرات المحراث أو نوعية الوقود بشكل منفصل، تظل هناك فجوة معرفية كبيرة في فهم التفاعل الديناميكي بين التحويرات 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 التحويرات من أجل تطوير المحراث تحت التربة الترددي واختبار رقم السيتان للوقود وتأثير ذلك في الأداء الحقلي 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 وقود 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) طبوغرافية 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 عامليه بثلاثة عوامل الأول رقم سيتان وقود الديزل بثلاثة مستويات (وقود ديزل بدون إضافة ذو رقم السيتان (54) ، وقود ديزل ذو رقم السيتان (57) ، وقود 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 الألواح (Split-Split plot) اذ عُدّ عامل رقم سيتان وقود الديزل كألواح رئيسة (Main-plot) بثلاثة مستويات وعُدّ نوع حافة الساق لمحراث تحت التربة كألواح ثانوية (Sub- plot) بمستويين أما نوع الأجنحة عُدت كألواح 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 كيبل توصيل لوصل 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

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

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 AMSOIL

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

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) التركية 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 السرع لهذه الساحبة على الوضع الحياد 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)

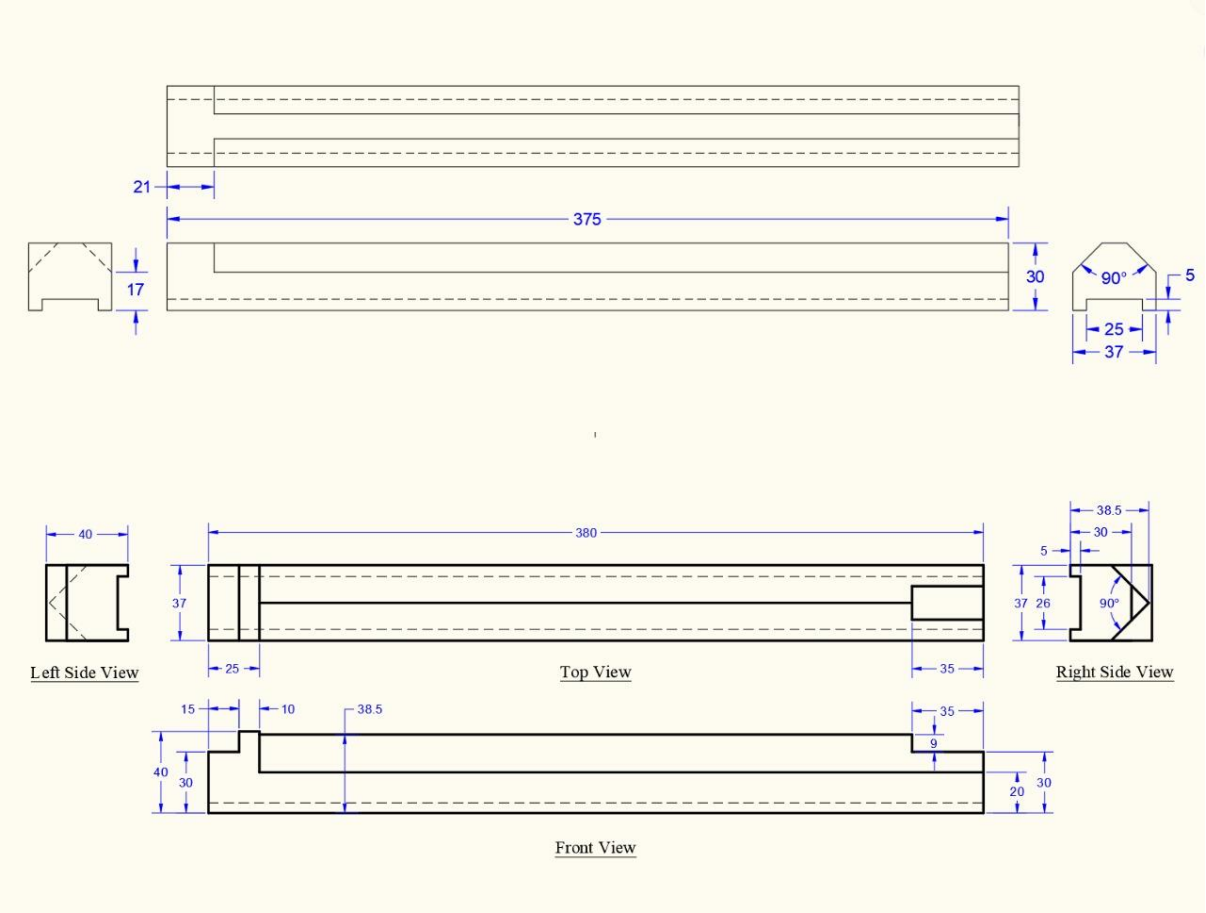
المصطلح	المواصفات
نوع الساحبة	MASSEY – FERGUSON 285 S
نوع وموديل المحرك	Perkins A4.318 رباعي الاشواط
اسم الشركة	UZEL
سنة الصنع	2020
المنشأ	تركي
عدد الأسطوانات	4 أسطوانات
قطر الأسطوانة * طول الشوط (ابعاد المكبس)	114*127 ملم
عدد دورات عمود المرفق	2000 دورة في الدقيقة
نسبة الانضغاط	17.5:1
نظام التبريد	مائي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

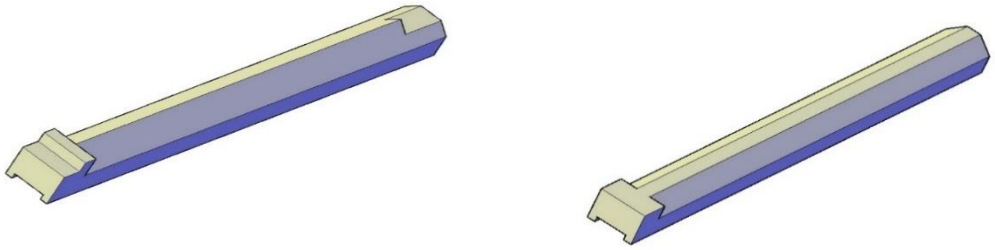
الجدول (4) مواصفات الساحبة الزراعية New Holland

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

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

أ: الحافة التقليدية **ب: الحافة المصنعة محليا**

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

إذ تم اجراء عدة فحوصات واختبارات له لمعرفة خصائص هذا المعدن المختلفة ومطابقتها للمواصفات المطلوبة من تحمل الضغوطات والكدمات المختلفة وتحملها التأكل 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	صفيحة 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.
المعايرة العالمية	AISI1030

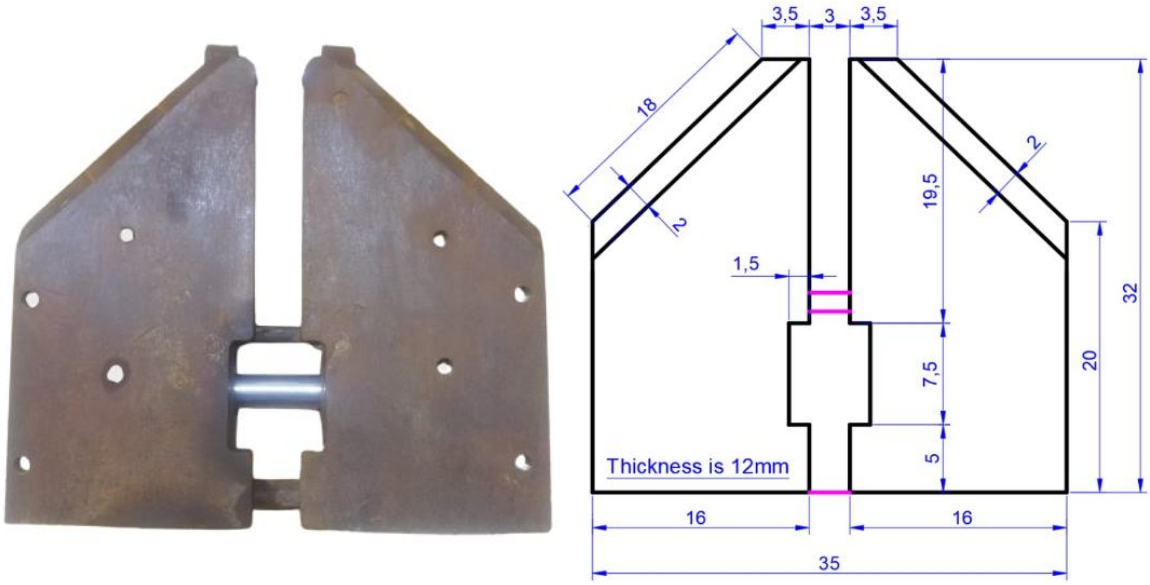
وتم إجراء فحص الخواص الميكانيكية للنموذج وقد تبين من خلال النتائج الموضحة في الجدول (6) إن النموذج من الصلب الكاربوني ومطابق للمواصفة (ASTM A512-17)

الجدول (6) الخواص الميكانيكية للنموذج

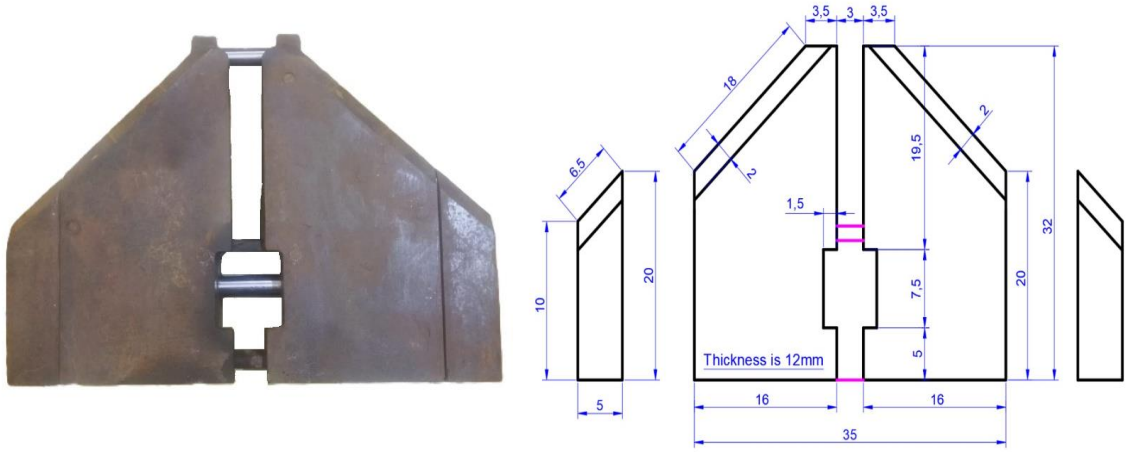
العينة	صفيحة فولاذية
الصلادة HRB	81
اجهاد الخضوع	265 ميكا باسكال
اجهاد الشد (اعظم اجهاد)	532 ميكا باسكال
نوع المعدن	فولاذ كاربوني
المعيار القياسي	A36/A36M-14

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 استخدم 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 نفط 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 C°15.0 غرام /سم3	0.8234	ASTM D - 1250
نقطة الوميض (P.M.) C°	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



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 C°15.0 غرام /سم3	0.8241	ASTM D - 1250
نقطة الوميض (P.M.) C°	70.5	ASTM D - 93
اللزوجة عند C° 40 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 /سم3	0.8234	ASTM D - 1250
نقطة الوميض (P.M.) C°	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 دورةادقيقة وعتلة صندوق السرع وضعت على السرعة المخفضة الثالثة هذا كان بالنسبة للجرار الأول MASSEY – FERGUSON 285 S بينما بالنسبة للجرار الثاني New Holland TD80 وضعت عتلة صندوق السرع على وضع الحياد 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 يعدُ الزمن النظري ومن خلال المسافة المقطوعة والزمن المستغرق يتم حساب السرعة النظرية ومن خلال المعادلة :-

$$Vt = (L/Tt) \times 3.6 \quad \text{.....(1)}$$

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 مسبقا أيضا تثبيت جهاز قياس استهلاك الوقود في حين جهاز قياس درجة حرارة العادم تم استخدامه يدويا إذ تم قياس جميع المؤشرات المطلوبة بهذه المرحلة ولطول كل معاملة بمسافة (90) متر وبواقع ثلاثة مكررات بواقع (30) متر وبسرعة محرك 2000 دورةادقيقة وعتلة صندوق السرع على السرعة الثالثة المخفضة وتم إنجاز جميع معاملات الدراسة كما موضح في الجدول (3–1) وتم أيضا 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 الآتيه

$$Vp = (L/Tp) \times 3.6 \quad \text{..... (2)}$$

إذ إن:

Vp: السرعة الفعلية (العملية) (كم/ساعة) Tp: الزمن الفعلي المستغرق لقطع المسافة اثناء 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 الحقلي 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 متراثا^2 ومن ثم القسمة على 1000.

تم حساب قوة السحب بالاعتماد على المعادلة :

$$Ft = Fpm - Frm \quad \text{..... (3)}$$

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)

$$PF = F \times Va/3.6 \quad \text{.....(4)}$$

إذ إن:

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

$$Pd = H \times Vt/3.6 \quad \text{..... (5)}$$

$$H = F + R \quad \text{..... (6)}$$

إذ إن:

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

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

إذ إن:

ηt : كفاءة السحب (%)

الاستهلاك النوعي للوقود (كيلوغرام/كيلوواط. ساعة)

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

$$SFC = FC/PF \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

إذ إن:

FC : كمية الوقود المستهلكة (كيلوغرام/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 المليلتر 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) الى (كيلوغرام/ساعة) وذلك بضرب قيمة الاستهلاك (لتر/ساعة) بكثافة الوقود 0.84 (كيلوغرام/لتر) وبذلك تصبح كمية الوقود المستهلكة بوحدة (كيلوغرام/ساعة).

طاقة السحب (كيلو جول/كيلوغرام)

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

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

إذ إن:

Fe : طاقة السحب (كيلوجول/كيلوغرام) F : قوة السحب (كيلونيوتن): Va السرعة الأمامية (متر/ثانية) Fc: كمية الوقود المستهلكة (كيلوغرام/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 / كيلوواط. ساعة)

يوضح الجدول (10) عدم وجود تأثير معنوي لرقم سيتان وقود 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/كيلوواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة عند وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) والتي بلغت 0.408 كيلوغرام/كيلوواط. 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/كيلوواط. ساعة بينما سجلت أقل قيمة وكانت 0.448 كيلوغرام/كيلوواط. ساعة لصفة الاستهلاك النوعي للوقود عند حافة ساق محراث تحت التربة المصنعة محليا.

تشير نتائج الجدول (10) أن هناك فرقاً 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/كيلوواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة عند أجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 35 سم والتي بلغت 0.425 كيلوغرام/كيلوواط. 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 وقود الديزل وحافة ساق محراث تحت التربة في صفة الاستهلاك النوعي للوقود إذ تم تسجيل أعلى قيمة وكانت 0.499 كيلوغرام/كيلوواط. ساعة عند التداخل الثنائي بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (54) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية بينما أقل قيمة تم تسجيلها لصفة الاستهلاك النوعي للوقود وكانت القيمة 0.393 كيلوغرام/كيلوواط. ساعة عند التداخل الثنائي بين وقود الديزل ذو رقم السيتان (57) وحافة ساق محراث تحت التربة التقليدية.

لم يظهر التداخل الثنائي بين رقم سيتان وقود 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) واجنحة محراث تحت التربة ذات العرض 45 سم والتي بلغت 0.521 كيلوغرام/كيلوواط. ساعة في حين تم تسجيل أقل قيمة لهذه الصفة وكانت 0.400 كيلوغرام/كيلوواط. 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/كيلوواط. 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)

حافة الساق b	رقم السيتان a	التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	عرض الاجنحة (سم) c		حافة الساق b	رقم السيتان a
			45	35		
		0.499	0.550	0.449	التقليدي	54
		0.452	0.493	0.411	المصنع محليا	
		0.393	0.392	0.395	التقليدي	57
		0.423	0.441	0.406	المصنع محليا	
		0.464	0.464	0.464	التقليدي	60
		0.468	0.508	0.428	المصنع محليا	
	0.476		0.521	0.430	54	التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c
	0.408		0.416	0.400	57	
	0.466		0.486	0.446	60	
0.452			0.469	0.436	التقليدي	التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c
0.448			0.481	0.415	المصنع محليا	
			0.475 A	0.425 B	عرض الاجنحة (سم) c	

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 و2.38 % لكل من وقود الديزل ذو رقم السيتان (57 و60) 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 و التي 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 تأثيرا 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 واجنحة 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
		35	45			
54	التقليدي	8007.9	6579.9	7293.9		
	المصنع محليا	8744.4	7360.4	8052.4		
57	التقليدي	9199.7	9175.5	9187.6		
	المصنع محليا	8893.6	8407.7	8650.7		
60	التقليدي	8118.2	7794.8	7956.5		
	المصنع محليا	8420.0	7109.0	7764.5		
التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c	54	8376.2	6970.1		7673.1	
	57	9046.7	8791.6		8919.1	
	60	8269.1	7451.9		7860.5	
التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c	التقليدي	8441.9	7850.0			8146.0
	المصنع محليا	8686.0	7625.7			8155.9
عرض الاجنحة (سم) c		8564.0 A	7737.9 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 إيجابيه 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 و زيادة 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 تأثيرا 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 تأثيرا 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 المحراث 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 لمحراث 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 محراث تحت التربة المصنعة محليا وأجنحة المحراث 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 محراث تحت التربة التقليدية وأجنحة المحراث 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 الاجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	رقم السيتان a	حافة الساق b
		35	45			
54	التقليدي	61.03	58.60	59.81		
	المصنع محليا	69.70	69.76	69.73		
57	التقليدي	63.03	66.50	64.76		
	المصنع محليا	60.33	69.40	64.86		
60	التقليدي	63.03	66.90	64.96		
	المصنع محليا	62.76	75.00	68.88		
التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c	54	65.36 BC	64.18 BC		64.77	
	57	61.68 C	67.95 BA		64.81	
	60	62.90 BC	70.95 A		66.92	
التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c	التقليدي	62.36	64.00			63.18 B
	المصنع محليا	64.26	71.38			67.82 A
عرض الاجنحة (سم) c		63.31 B	67.69 A			

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 افضل للمحرك وحماية إضافية وفي المقابل رقم السيتان المنخفض قد يؤدي إلى اشتعال أقل كفاءة ولكن قد يقلل أيضا 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 اذ 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 الى 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 المحاريث إذ يتطلب تحقيق التوازن بين كفاءة العمل بتغطية مساحة أوسع بعرض اكبر 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 اقل 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 الى 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 نسبيا (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 عزماً 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) الى 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 بالمحاريث 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 اذ 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 الى 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 الاجنحة (سم) c		التداخل بين رقم السيتان وحافة الساق a*b	رقم السيتان a	حافة الساق b
		35	45			
54	التقليدي	91.33	163.00	127.16 D		
	المصنع محليا	141.33	170.33	155.83 C		
57	التقليدي	169.67	190.33	180.00 BA		
	المصنع محليا	189.33	190.67	190.00 A		
60	التقليدي	201.33	165.33	183.33 A		
	المصنع محليا	173.00	157.67	165.33 BC		
التداخل بين رقم السيتان وعرض الاجنحة a*c	54	116.33 D	166.66 BC		141.50 B	
	57	179.50 BAC	190.50 A		185.00 A	
	60	187.16 BA	161.50 C		174.33 A	
التداخل بين حافة الساق وعرض الاجنحة b*c	التقليدي	154.11	172.88			163.50
	المصنع محليا	167.88	172.88			170.38
عرض الاجنحة (سم) c		161.00 B	172.88 A			

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 الالة من خلال تصنيع الأجنحة وحافة الساق أفضل القيم في كل المؤشرات الميكانيكية. وسجل أفضل النتائج عند تداخل عرض اجنحة 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.iraqnla.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.iraqnla.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., Nallamothu, 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/Ejounral/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