Misr J. Ag. Eng., 21 (1): 201 - 212

قياس قوة السحب والطاقة والتنبؤ بها للمحراث الحفار في تربة مزيجية

د/ عبد الله محمد يايه

الخلاصة

تم الحصول على معادلات انحدار لكل من قوة السحب والقدرة على ذراع الشد، وكفاءة الطاقة الإجمالية، واستهلاك الوقود، والإنتاجية الحقلية للمحراث الحفار اعتمادا على السرعة الأمامية وعمق الحرث. ظهر تأثير السرعة الأمامية بوضوح على كل من استهلاك الوقود، قدرة السحب، والكفاءة الإجمالية الطاقة، والإنتاجية الحقلية. بينما كان تأثير عمق الحرث هو الأكثر وضوحاً على قوة السحب.

المقدمة

إن اختيار الآلة وحجمها يحتاج إلى تقدير قوة السحب المطلوبة لتلك الآلة، ومفتاح المعرفة لدى المزارع، من حيث أداء المعدة وقوة السحب المطلوب لها، يعود إلى الخبرات المتراكمة لديه في اختيار المعدة المناسبة مع المحراث الملائم. ونظراً إلى التطورات السريعة في صناعات المكائن والآلات الزراعية من حيث الحجم والسرعة، فإن خبرات المزارع القليلة بكل ما هو جديد قد لا تسعفه في اختيار المعدات المناسبة الجديدة. إضافة إلى ذلك فإن التنبؤ بقوة السحب المطلوبة يعد مهما في الاختيار المناسب للجرار والآلات. وكذلك في تقدير استهلاك الوقود لها لأن زيادة استهلاك الطاقة يزيد من التكاليف الكلية للإنتاج. إضافة إلى ذلك فإن التنبؤ بتلك المعلومات تساعد المصنعون لتطوير أكبر في كفاءة أنظمة الحراثه.

يتضمن البحث دراسة استخدام المحراث الحفار والذي يعد الأكثر استخداما في الجمهورية اليمنية بثلاثة مستويات من الأعماق (١٠، ١٥، ٢٠سم) وثلاثة سرع مختلفة (H1, H2, H3)، وتأثير ذلك في الصفات المدروسة حيث يهدف البحث إلى :

١- تحديد بعض مؤشرات الأداء الحقلي للجرار(ساحبة) مع الحفار بالنسبة لتنفيذ العمليات الزراعية بكفاءة (قوة السحب، استهلاك الوقود، الإنتاجية الحقلية، قدرة السحب، الكفاءة الإجمالية للطاقة).

٢- استنباط علاقات رياضية إحصائية بمعادلات انحدار للتنبؤ بالصفات المدروسة بالاعتماد على العوامل الداخلة في الدراسة.

مراجعة المصادر

تعد قوة السحب مؤشر مهم لقياس وتقدير احتياجات المعدات للطاقة. ولقد قدم من قبل ASAE Standards (١٩٩٩) في ASAE Data D497 صيغ وعلاقات رياضية بين قوة السحب واحتياجات الطاقة لمعدات الحراثة في ترب مختلفة.

وجد الطحان و آخرون (١٩٩٥) في دراسة تأثير السرعة في الأداء الحقلي للمحراثين المطرحي والقرصي القلاب في تربة loamy silty ذات محتوى رطوبي ١٨% أن زيادة السرعة تتناسب عكسياً مع كل من عمق وعرض الحراثة (في حدود قدرة ثابتة)، في حين تتناسب طردياً مع انتقال التربة الجانبي وقلب التربة وانزلاق عجلات الساحبة، والإنتاجية العملية للمحراثين المطرحي والقرصي.

أكد المشرقي (١٩٩٦) أنه بزيادة السرعة عند ثبات العمق ازدادت كل من الإنتاجية العملية ونسبة الانزلاق والقدرة المفقودة بالانزلاق. وبزيادة عمق الحراثة انخفضت الإنتاجية العملية وازدادت كل من قوة السحب المطلوبة ونسبة الانزلاق بفارق معنوي.

طور Grisso وآخرون (١٩٩٦) معادلات انحدار لإيجاد القوة الأزمة للسحب لكل من المشط القرصي، والمحراث الحفار، والعازقة بالاعتماد على عمق الحراثة والسرعة الأمامية. وقد تبين أن تأثير عمق الحراثة على قوة السحب لكل من المشط القرصي والمحراث الحفار والعازقة أعلى من تأثير السرعة الأمامية.

ذكر Kepner وأخرون (١٩٨٢) أن أغلب البيانات المتاحة تبين أن المقاومة النوعية للمحراث تقل بزيادة العمق إلى الحد الأمثل بالنسبة للعمق/العرض، بعد ذلك تزداد المقاومة أكثر بزيادة العمق ويعد النقص المبدئي للمقاومة النوعية منطقيا لأن القوى الكلية اللازمة لقطع باطن الأخدود يجب أن تكون مستقلة عن العمق.

درس Summers و آخرون (١٩٨٦) تأثير كل من السرعة والعمق على قوة السحب للمحراث المطرحي، والحفار، والقرصي، وتم تنفيذ الدراسة في ولاية اكلاهوما الأمريكية على ثلاثة أنواع من الترب. خرجت الدراسة بأن معادلات الانحدار المستحصل عليها متماثلة مع المعادلات الصادرة عن ASAE Standards. كانت علاقة قوة السحب خطية مع السرعة للمحراث الحفار، والقرصي، أما المحراث المطرحي فإن العلاقة كانت غير خطية بين قوة السحب والسرعة. كما وجدوا أن علاقة قوة السحب والعمق خطية للمعدات جميعها.

ذكر Bukhari وأخرون (١٩٩٠) أن مقدار استهلاك الوقود يتغير تبعاً لنوع التربة ونوع المحراث وسرعة وعمق الحرث والمحتوى الرطوبي للتربة وكذلك لمهارة السائق عند الحراثة.

درس Al-Tahan (١٩٩١) تأثير ثلاثة مستويات من السرع وثلاثة أنواع من المحاريث هي قرصي قلاب، مطرحي قلاب وحفار وعمقي حراثة وتأثيرهم في استهلاك الوقود. أظهرت

الدراسة انخفاض استهلاك الوقود بزيادة السرعة الأمامية، كما ازداد استهلاك الوقود بزيادة العمق في جميع المعاملات فضلا عن أن المحراث الحفار كان أقل استهلاكا للوقود مقارنة بالمحراث المطرحي الذي كان بدوره أقل استهلاكا للوقود مقارنة مع المحراث القرصي.

استخدم العوضي وآخرون (٢٠٠٢) طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية لتوقع الطاقة اللازمة للحرث. وقد قارنو النتائج مع الارتداد الخطي. وأوضحت النتائج تفوق طريقة الشبكات العصبية على طريقة الارتداد الخطي لتوقع استهلاك الوقود والطاقة على الرغم من عدم معرفة العلاقات الرياضية الحاكمة أو بعض العوامل المؤثرة الداخلة فيها.

مواد وطرائق البحث

حقل التجارب:

تم تنفيذ هذا البحث في حقل البستنة بكلية الزراعة والغابات جنوب مدينة الموصل بحوالي ٣٠ كيلو متر على خط طول ٤٢، وخط عرض ٣٦,٩١ وعلى ارتفاع ٢٥٠متر عن مستوى سطح البحرفي ١٩٩٨/٤/١٤م حيث كانت طبوغرافية الحقل مستوية وبه بعض مخلفات المحصول السابق (شعير + عدس + أدغال). كما بلغت مساحة الحقل للتجربة ٦٤٠٠ متر مربع. وكانت النسجة(القوام) للتربة ٣٧,٧٥% طين، ٤٩,٥٣% سلت و١٢,٧٥% رمل (silt clay loam). وأخذت القراءات مقاومة التربة للاختراق والمحتوى الرطوبي للتربة والكثافة الظاهرية للتربة في نفس اليوم قبل تنفيذ المعاملات حيث أخذت تسع قراءات لكل مكرر، بواقع ثلاث قراءات لكل عمق (١٠ و ١٥ و ٢٠سم) وتظهر النتائج في الجدول (١).

جدول (١) القراءات المأخوذة لمقاومة الاختراق والمحتوى الرطوبي والكثافة الظاهرية للتربة المستخدمة بواسطة المحراث الحفار.

عمق الحرث (cm)	مقاومة الاختراق (kPa)		المحتوى الرطوبي (%)		الكثافة الظاهري (Mg/m^3)	
	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى
١٠	١٤٠٧	١٩٧٤-٢٠٠٥	١٢,٤	١٣,٨٩-١١,٥٩	١,٢٥	١,٢٧-١,٢٣
١٥	١٧٨٥	٢٠٣٧-١٥٩٢	١٥,٥	١٦,٩٣-١٤,١٨	١,٢٧	١,٢٧٥-١,٢٤
٢٠	٢٠٩٥	١٥٦٠-١٢٣٢	١٦,٣	١٦,٩٤-١٥,١٨	١,٢٩	١,٣٣-١,٢٧

نفذت التجربة باستخدام تصميم قطاعات عشوائية كاملة، كما استخدم اختبار دنكن عند مستوى احتمال ٥% في اختبار معنوية الفروقات بين متوسطات المعاملات المختلفة. واستنبطت معادلات تنبؤية للصفات التابعة(dependent variable) بدلالة العوامل المستقلة (independent variables) باستخدام معادلات الانحدار(multiple regression)

مواد التجربة

استخدمت لتنفيذ التجربة ساحبتين عنتر ٧١ عراقية الصنع ٦٤,٥ حصان، ومحراث حفار عرضة الشغال ١,٨٢ متر ذو ثلاثة محاور(صفوف)، على المحور الأمامي ساقان(قصبتان) المسافة بني ساقين متتاليين ٦١سم، والمحور الأوسط ثلاثة سيقان، المسافة بين ساقين متتالين ١٢٢سم. وبالمحور الخلفي ساقان المسافة بينهما ٩١,٤سم. عرض السلاح ٦,٤ سم. وتم الحصول على العمق المطلوب بواسطة جهاز الهيدرولي. كما تم قياس استهلاك الوقود لتنفيذ كل معاملة بتثبيت دورق مدرج سعة لتر في منظومة الوقود. وبواسطة محبس مزدوج يتم استهلاك الوقود أثناء المعاملة من بدايتها إلى نهايتها من الدورق. وقيست قوة السحب باستخدام ديناموميتر نابض(ياي) بأقصى قراءة ٥٠٠ كيلو نيوتن مربوط بين ساحبتين. ونفذت التجربة كما يلي:

١- تم تسيير الساحبة الأولى فقط في الحقل بمفردها، وعند الثلاث السرعات التي تم اختيارها من خلال ما هو موصى به من البحوث السابقة. وأخذت لكل سرعة خمس مكررات لمسافة ٦٠ متر مع قياس استهلاك الوقود، وكذلك الزمن، لكل سرعة. وحسبت من ذلك السرعات الثلاث وكذلك استهلاك الوقود لكل منها.

٢- تم تسيير الساحبتين ويربط بينهما الديناموميتر وعلى السرعات الثلاث أخذت خمسة مكررات لمسافة ٦٠ متر. وحسب استهلاك الوقود والزمن المستغرق والانزلاق الناتج عن سحب الساحبة الثانية وأخذ المتوسط للخمس مكررات ، كذلك أخذت قراءات الديناموميتر مع كل سرعة لغرض حساب مقاومة الحركة للساحبة. وبعد ذلك أخذ المتوسط لقيم مقاومة الحركة.

٣- تم تسيير الساحبتان مع المحراث لتنفيذ المعاملات لكل مكرر. وأخذ الزمن الذي استغرقته كل معاملة لمسافة ٦٠ متر. وحسبت منها السرعة الفعلية كما تم قياس عمق الحرث الفعلي بواقع ثلاث قراءات لكل معاملة. وأخذت القراءات على مسافة ١٥ ، ٣٠، ٤٥ متراً من بداية كل معاملة.

كما تم إيجاد الكفاءة الاجمالية للطاقة (OEE) من المعادلة (١).

$$OEE\ (\%) = \frac{3.6 * DBO\ (kW)}{(38.7\ MJ/L)\ (Fuel\ Cons.L/Ha)\ (Theo\ .\ Field.Cap\ Ha/h)} \quad \ldots\ldots(1)$$

حيث أن :

DBP = القدرة على ذراع السحب (kW).

٣٨,٧ = القيمة الحرارية لوقود الديزل (MJ/L).

ويمكن ايجاد القدرة على ذراع السحب من المعادلة (٢).

$$DBP(kW) = 0.1 * V(km/h) * F(kN) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أن:

V = السرعة الأمامية للجرار (km/h) .

F= قوة السحب للجرار (kN) .

كما تم إيجاد السعة الإنتاجية الحقلية من المعادلة (٣).

$$TFC\ (Ha/h) = 0.1 * V\ (km/h) * width\ (m) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث أن :

TFC= السعة الإنتاجية الحقلية (Ha/h) .

Width = عرض الحراثة (m) .

النتائج والمناقشة

يتبين من الجدول (٢) أن اختلاف مستويات الأعماق له تأثير معنوي عند مستوى معنوية٠,٠١ على جميع الصفات المدروسة. ويتناسب العمق للمحراث الحفار طرديا مع كل من القدرة المطلوبة على ذراع السحب، واستهلاك الوقود، وقوة السحب، في حين يتناسب عكسياً مع كل من الكفاءة الإجمالية للطاقة والإنتاجية الحقلية.

جدول (٢) تأثير الاختلاف في مستويات الأعماق في الصفات المدروسة.

الأعماق cm	قوة السحب kN	استهلاك الوقود L/Ha	القدرة على ذراع السحب kW	السعة الحقلية Ha/h	الكفاءة الإجمالية للطاقة %
٩,٧	١١,٦٧٣أ	٦,٥٦٤أ	١٣,٤٨٥أ	٠,٧٤٣أ	٢٥,٦أ
١٣,٧	١٥,٩١٧ب	٩,٠٠٣ب	١٧,٢٠٠ب	٠,٦٩٩ب	٢٥,٢ب
١٨,٧	١٨,٢٩٠جـ	١٠,٦٨٥جـ	١٨,٧٨٤جـ	٠,٦٦٥جـ	٢٤,٥جـ

المتوسطات المشتركة في الرمز نفسه عمودية غير معنوية.

لمتوسطات التي لا يوجد فيها أحرف عمودية غير معنوية.

كما توضح النتائج في الجدول (٣) أن اختلاف مستويات السرعة له تأثيراً معنوياً عند مستوى معنوية ٠,٠١ على جميع الصفات المدروسة وتتناسب السرعة طرديا مع جميع الصفات المدروسة باستثناء الوقود عكسياً.

جدول ٣: تأثير اختلاف مستويات السرعة في الصفات المدرسة.

السرعات ترس	السرعة العملية km/h	قوة السحب kN	استهلاك الوقود L/Ha	القدرة على ذراع السحب kW	السعة الحقلية Ha/h	الكفاءة الإجمالية الطاقة %
H1	٢,٥٢	١٤,٣٠٢أ	٦,٥٦٤أ	٩,٩٥٢أ	٠,٤٥٩جـ	٢٠,٦جـ
H2	٣,٦٠	١٥,٤٩٧ب	٩,٠٠٣ب	١٥,٣٥٥ب	٠,٦٥٥ب	٢٥,٤ب
H3	٥,٤٥	١٦,٠٧٩جـ	١٠,٦٨٥جـ	٢٤,١٦٢جـ	٠,٩٩٣أ	٢٩,٣أ

المتوسطات المشتركة في الرمز نفسه عمودية غير معنوية.

المتوسطات التي لا يوجد فيها أحرف عمودية غير معنوية.

كما تبين النتائج في الجدول (٤) أن التداخل بين الأعماق والسرع لم يكن له تأثير معنوي على جميع الصفات المدروسة باستثناء الإنتاجية الحقلية إذ تأثرت معنويا عند مستوى ٠,٠٥.

جدول ٤: تأثير التداخل بين الأعماق والسرعات في الصفات المدروسة.

الأعماق cm	السرعات ترس	السرعة العملية km/h	استهلاك الوقود L/Ha	القدرة على ذراع السحب kW	الإنتاجية الحقلية Ha/h	قوة السحب kN	كفاءة الاجمالية الطاقة%
٩,٧	H1	٢,٦٢	٧,٤٨٠	٧,٨٢٠	٠,٤٧٧د	١٠,٧٤٠	٢٠
	H2	٣,٨٥	٦,٥٤٢	١٢,٦١٠	٠,٧٠١ج	١١,٧٨٧	٢٦
	H3	٥,٧٧	٥,٦٧٠	٢٠,٠٢٤	١,٠٥٠أ	١٢,٤٩٣	٣١
١٣,٧	H1	٢,٥٢	٩,٨٦٠	١٠,٣٩٥	٠,٤٥٩د	١٤,٨٥٠	٢١
	H2	٣,٥٥	٩,٠٠٢	١٦,٠٧٤	٠,٦٤٦هـ	١٦,٣٠٠	٢٥,٧
	H3	٥,٤٥	٨,١٤٥	٢٥,١٣١	٠,٩٩٢أب	١٦,٦٠٠	٢٩
١٨,٧	H1	٢,٤٢	١١,٧٠١	١١,٦٤١	٠,٤٤٠د	١٧,٣١٧	٢١
	H2	٣,٤٠	١٠,٦٥٣	١٧,٣٨٠	٠,٦١٩هـ	١٨,٤٠٣	٢٤,٥
	H3	٥,١٤	٩,٧٠١	٢٧,٣٣٢	٠,٩٣٦	١٩,١٤٣	٢٧,٩

المتوسطات المشتركة في ارمز نفسه عمودية غير معنوية.

المتوسطات التي لا يوجد فيها أحرف عمودية غير معنوية

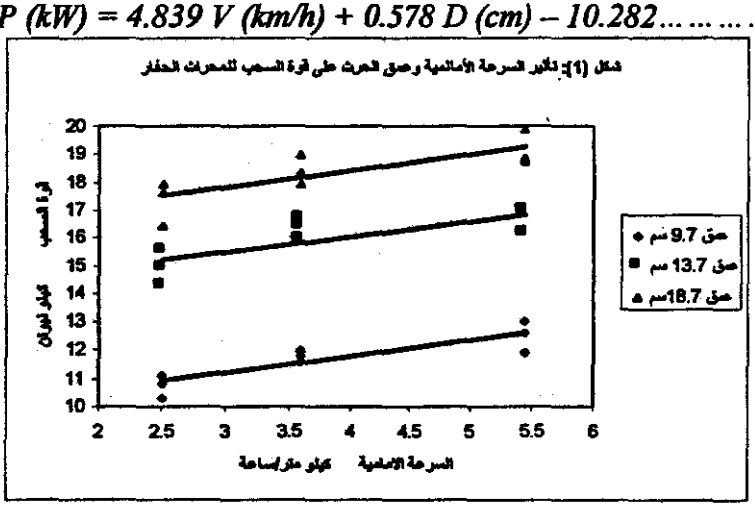
١- قوة السحب: علاقة قوة السحب للمحراث الحفار مع السرعة الأمامية وعمق الحرث مبينة في الشكل (١) ومعادلة الإنحدار (٤)، حيث أن دقة معادلة الانحدار للتنبؤ بقوة السحب اعتمادا على عمق الحرث هو (R2) ٠,٨٦٤ . وتصبح الدقة ٠,٩٢ عند إضافة السرعة إلى المعادلة.

$$Draft\ (kN) = 0.724\ D(cm) + 0.575\ V\ (km/h) + 2.912 \ldots\ldots\ldots\ (4)$$

ومن خلال المعادلة عند زيادة عمق الحرث ١سم مع بقاء السرعة ثابتة، تزداد قوة السحب المطلوبة للمحراث الحفار بمقدار ٠,٧٢٤ كيلو نيوتن. وعند زيادة السرعة بمقدار ١ كيلو متر/ ساعة تزداد قوة السحب بمقدار ٠,٥٧٥ كيلو نيوتن. ومن الشكل (١) يتضح أيضاً أن الزيادة الناتجة عن زيادة العمق أكبر منها عند زيادة السرعة. كما أن معامل إرتباط قوة السحب مع العمق ٠,٩٣ ومع السرعة ٠,٢٤.

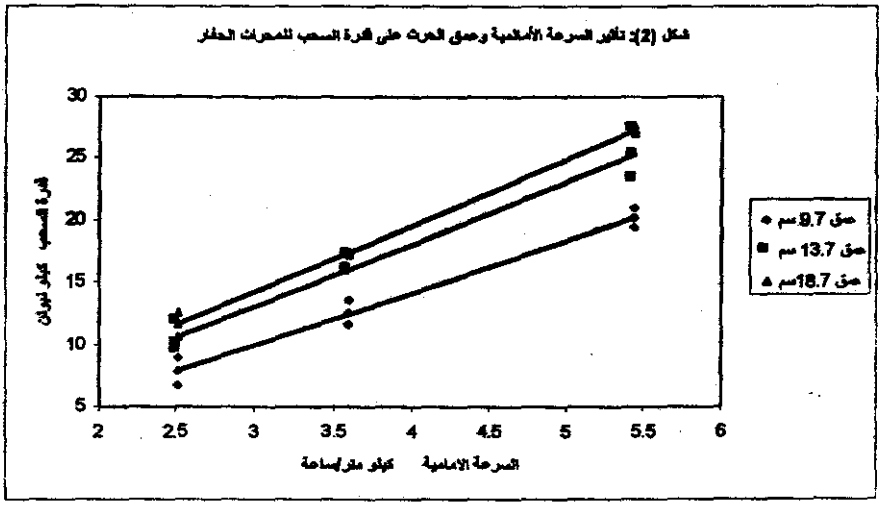
٢- قدرة السحب: علاقة القدرة على ذراع السحب للمحراث الحفار مع السرعة الأمامية وعمق الحرث مبينة في الشكل (٢) ومعادلة الانحدار (٥) حيث أن دقة المعادلة اعتمادا على السرعة هي (R2) ٠,٨٥ . وتصبح الدقة ٠,٩٦ عند إضافة العمق إلى المعادلة.

$$DBP\ (kW) = 4.839\ V\ (km/h) + 0.578\ D\ (cm) - 10.282 \ldots\ldots\ldots\ (5)$$



ومن خلال المعادلة يتبين أن معامل السرعة أكبر من معامل العمق ولذلك فإن تأثير السرعة على قدرة السحب أعلى ويتضح ذلك من الشكل (٢) أن الزيادة الناتجة عن زيادة

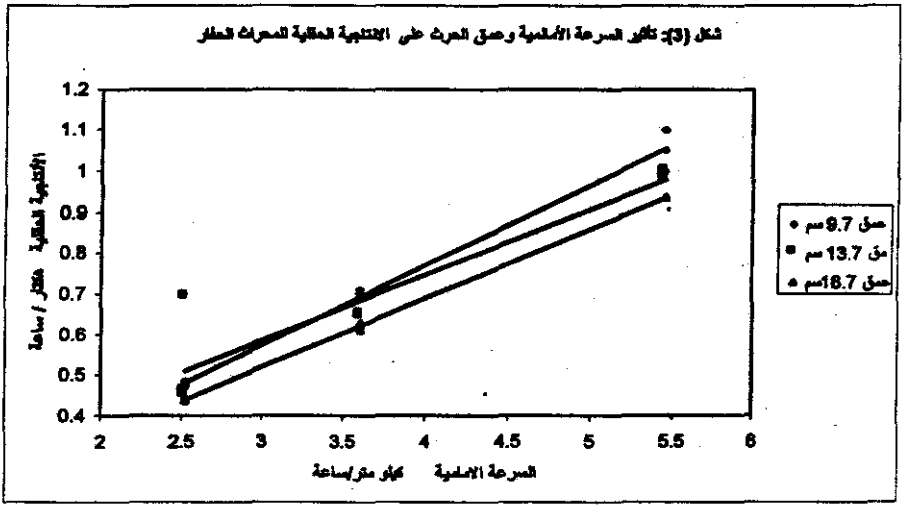
السرعة أكبر منها عند زيادة العمق. كما أن معامل الارتباط قدرة السحب مع السرعة ٠,٩٢ ومع العمق ٠,٣٣ .



٣- الإنتاجية الحقلية : علاقة الإنتاجية للمحراث الحفار مع السرعة الأمامية وعمق الحرث مبينة في الشكل (٣) ومعادلة الانحدار (٦)، حيث أن دقة معادلة الانحدار للتنبؤ بالإنتاجية اعتماداً على السرعة هي (R2) ٠,٩٧٢ تصبح الدقة ٠,٩٩٢ عند إضافة العمق إلى المعادلة.

$$FTC\ (Ha/h) = 0.1825\ V\ (km/h) - 0.09\ D\ (cm) - 0.119 \quad \ldots\ldots\ldots\ (6)$$

ومن خلال المعادلة عند زيادة السرعة ١كم/سا تزداد الإنتاجية بمقدار ٠,١٨٢ هكتار/سا . كما أن زيادة عمق الحرث ١سم يقلل الإنتاجية بمقدار ٠,٠٠٩ هكتار/سا . ويتضح ذلك من الشكل (٣) كما أن معامل ارتباط الإنتاجية مع السرعة هو ٠,٩٩ ومع العمق (0.14-).



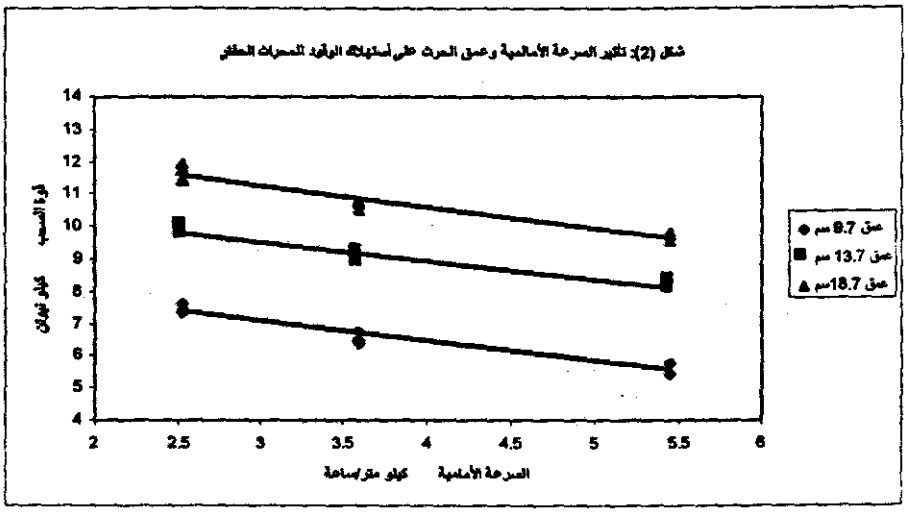
٤- استهلاك الوقود: علاقة استهلاك الوقود مع السرعة الأمامية وعمق الحرث مبينة في الشكل (٤) ومعادلة الانحدار (٧) حيث أن دقة معادلة الانحدار للتنبؤ باستهلاك الوقود اعتمادا على السرعة هي (R2) ٠,٨٠٧ ، تصبح الدقة ٠,١٦ عند إضافة السرعة إلى المعادلة.

$$Fuel.\ Cons\ (L/Ha) = 0.453\ D\ (cm) - 0.613V\ (km/h) + 4.758 \ldots\ldots\ldots (7)$$

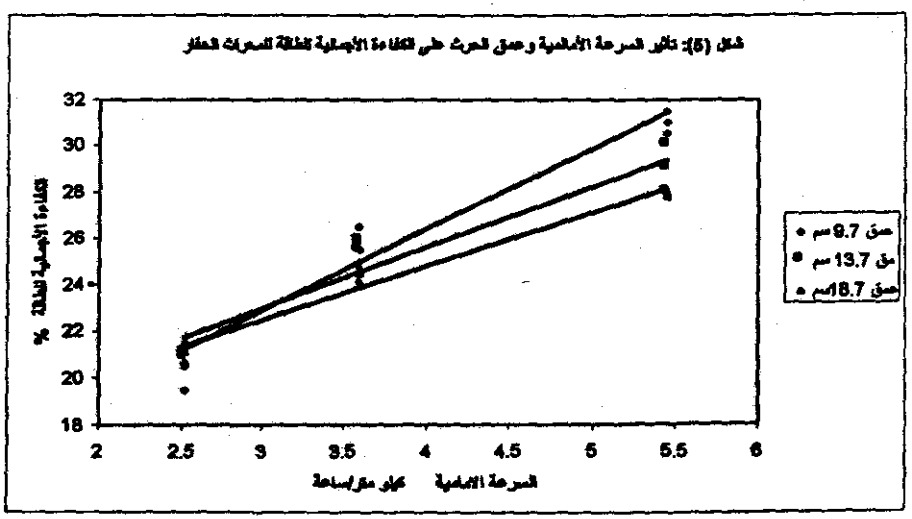
ومن خلال المعادلة عند زيادة عمق الحرث ١سم يزداد استهلاك الوقود بمقدار ٠,٤٥٣ لتر للهكتار وعند زيادة السرعة ١كم/سا يقل استهلاك الوقود بمقدار ٠,٦١٣ لتر للهكتار كما يتضح ذلك من الشكل (٤) ومعامل ارتباط استهلاك الوقود مع السرعة هو (0.94-) ومع العمق (٠,٩٠).

٥- الكفاءة الإجمالية للطاقة : علاقة كفاءة الطاقة للمحراث الحفار مع السرعة الأمامية وعمق الحرث مبينة في الشكل (٥) ومعادلة الانحدار (٨) حيث ان دقة معادلة الانحدار للتنبؤ بكفاءة الطاقة اعتمادا على السرعة هي (R2) ٠,٨٩ . وتصبح الدقة ٠,٩٢ عند إضافة العمق الى المعادلة .

$$OEE\ (\%) = 2.802\ V\ (km/h) - 0.158\ D\ (cm) + 16.61 \ldots\ldots\ldots (8)$$



ومن خلال المعادلة عند زيادة السرعة ١كم/سا تزداد الكفاءة ٢,٨% كما أن زيادة عمق الحرث ١سم يقلل الكفاءة بمقدار ٠,١٦% ويتضح ذلك من الشكل (٥). كما أن معامل ارتباط الكفاءة الإجمالية للطاقة مع السرعة هو (٠,٩٤) ومع العمق (0.16-).



المصـــــــادر المنشورة

البناء عزيز رمو (١٩٩٠)، معدات تهيئة التربة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.

حميده، مدحت عبد الله ومحمود علي محمد (١٩٨٥)، هندسة القوى والجرارات. الشركة العربية للطباعة والتصوير، جامعة المنصورة، كلية الزراعة، جمهورية مصر العربية.

المشرقي، سمير عبد الله (١٩٩٦) ، متطلبات القدرة للمحراث القرصي ١٣١ وأدا الجرار عنتر ٧١ في تربة طينية، رسالة ماجستير، قسم المكننة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

الطحان، ياسين هاشم، سعد الدين محمد أمين وحسان حازم محمد العبد الله (١٩٩٥)، تأثير سرع الحراثة في الأداء الحقلي للمحراثين المطرحي والقرصي القلاب. مجلة زراعة الرافدين، المجلد (٢٧) العدد (٢) : ٧٧-٨٠.

العوضي، م.ن.، القباني، ع.ج.، قابيل، م.ج.، و عبد الواحد، م.أ. (٢٠٠)، استخدام الشبكات العصبية والارتداد الخطى لتوقعات الطاقة اللازمة للحرث، المؤتمر العاشر للجمعية المصرية للهندسة الزراعية بالتعاون مع جامعة الأزهر، تحت عنوان "تطوير التقنيات الهندسة الزراعية فى العالم العربى والاسلامى، كتيب المؤتمر: ١١٥-١٢٦.

Al-Tahan, Yaseen. H.; H.M. Hassam.; I. A. Hammadi. 1992. Effect of plowing depths using different plow types on some physical properties of soil. AMA. 23 (4): 21-24.

Bukhari, S.; M. A. Bhutto; J. M. Baloch; A. B. Bhutto and A. N. Mirani. 1988. performance of selected tillage implements. J. AMA. 19 (4) : 9-14.

Bukhari, S.; J. M. Balock; G. R. Mari; A.N. Mirani; A. B. Bhutto. And M. A. Bhutto. 1990. Effect of different speeds on the performance of mold plow. Agri. Mech. In Asia and Latin America 21 (1) : 27-31.

Grisso. R. D.; M. Yasin ; M. F. Kocher. 1996. Tillage implement forces operating in silt clay loam. Trans. Of the ASAE 39 (6) : 1977-1982.

ASAE Standards. 1999. ASAE D497 .Agricultural machinery management data, St . Joseph, Mich.:ASAE .

Summers J. D. Khalilian and D. G. Batchelder . 1986. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils . Trans. ASAE 27(6) : 1267-1270 .

MEASUREMENTS AND PREDICTION OF TILLAGE DRAFT AND ENERGY FOR CHISEL PLOW IN SILTY CLAY LOAM

ABSTRACT

Regression equations for draft force, drawbar power, overall energy efficiency, fuel consumptions and field capacity of chisel plow were developed, based upon travel speed and tillage depth. The effect of speed on drawbar power, fuel consumptions, overall energy efficiency and field capacity were found to have more influence than tillage depth.