

دراسة بعض العوامل المؤثرة في انزلاق الدولاب القائد في جرار الفرات لنوعين من الترب السورية

الدكتور فائز النجار*

(تاريخ الإيداع 12 / 8 / 2010. قُبل للنشر في 1 / 3 / 2011)

□ ملخص □

يجب أن يكون اختيار متغيرات التشغيل لاستخدام آلات تهيئة التربة مبنياً على أسس اقتصادية مبررة تفرضها عوامل التشغيل في كل حقل، وأهم هذه العوامل مساحة الأرض وشكلها والتي تفرض على الفلاح طريقة الحراثة ومن ثم مردودها، نوع التربة وكثافتها ونسبة الرطوبة فيها ونوع المحراث المستخدم وشكل سلاحه، وعمق الحراثة وسرعتها والتي ترتبط بالقوى اللازمة للجر. إن قوة الجر ترتبط ارتباطاً وثيقاً بانزلاق عجلات الجرار القائدة، هذا الانزلاق يتعلق بالعوامل السابقة، فضلاً عن الضغط والحمولة الديناميكية ومساحة مقطع تلامس الدولاب القائد للجرار مع الأرض.

الهدف من الدراسة: دراسة بعض العوامل المؤثرة في انزلاق الدولاب القائد لجرار الفرات حين استخدام المحراث الحفار والقلاب (المطرحي والقرصي) لنوعين من الترب السورية.

إن اختيار عمق الحراثة يعتمد على خبرة الفلاح ولا يعتمد على الأسس العلمية السليمة، لذا تتم عمليات الحراثة حتى العمق الأعظمي للمحراث مما يشكل حملاً إضافياً على الجرار، ويؤدي لانزلاق عجلاته القائدة، هذا الانزلاق وصل إلى نسب (15.14، 19.37، 19.56%) للتربة اللومية الطينية، ونسب (14.65، 19.00، 19.36%) للتربة الطينية عند نسبة الرطوبة 8.5%، ونسب (12.19، 16.03، 15.75%) للتربة اللومية الطينية، ونسب (11.96، 15.73، 15.59%) للتربة الطينية عند نسبة الرطوبة 20.5% وسرعة (6 km/hr) وعمق (25cm) للمحراث الحفار والمطرحي والقرصي على الترتيب، كما يشكل طبقة صماء نتيجة الحراثة الدورية المتكررة للمحراث المطرحي والقلاب للعمق نفسه (العمق الأعظمي) ولوحدة القدرة نفسها، كما يرتبط انزلاق دولاب الجرار ارتباطاً وثيقاً بسرعة الحراثة (V) فيزداد بشكل أسّي مع زيادتها حسب العلاقة $Sl = a_1 \times e^{a_2}$ حيث (α_1, α_2) ترتبط بعمق الحراثة والسرعة، وينسبة رطوبة التربة فزيادة نسبة الرطوبة تقلل من تماسك التربة، وكذلك تزيد من زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة. ويمكن للانزلاق أن يصل إلى حدود غير مقبولة أو يمكن أن يكون تاماً مما يفرض على السائق رفع المحراث، وإنقاص عمق الحراثة (تخفيض قوى الجر) للعودة إلى عمل الجرار بشكل طبيعي.

الكلمات المفتاحية: انزلاق دولاب الجرار، المحراث الحفار، المحراث المطرحي، المحراث القرصي، تماسك وتلاصق التربة، قوة الجر.

* أستاذ مساعد - قسم هندسة الآلات الزراعية - كلية الهندسة الميكانيكية - جامعة حلب - حلب - سورية.

A Study of Some Factors Affecting the Drive Wheel Slip in Furat Tractor for two Kinds of Syrian Soils

Dr. Faiz Al-Najjar*

(Received 12 / 8 / 2010. Accepted 1 / 3 / 2011)

□ ABSTRACT □

The optimum choice of soil preparation machines must be supported by economical basics, coming from operating factors in each field.

The most important factors are the land area and its geography which force the farmer to choose the manner of tillage and its efficiency. The second factor is the soil type and its humidity, the kind of plough, and the depth of tillage and its velocity. All the above factors are related to the required drag force. The drag force is closely associated with the tractor drive wheel slip. This slip is related to the above factors as well as to the pressure and dynamic load and tractor drive wheel contact area with land.

The purpose of this study is to study some factors affecting the tractor driver wheel slip of Furat Tractor using cultivator and moldboard and disk plows for two kinds of Syrian Soils.

The choice of depth tillage depends on the experience of the farmer which does not adhere to the right rules. Therefore the tillage process, conducted for the maximum depth of plow, causes an additional load on the tractor leading to the slip of driver wheels. This slippage reached to (15.14, 19.37, 19.56%) for the loam clay soil, and for the clay soil the slippage ratio was (14.65, 19.00, 19.36%) at 8.5% moisture content. But for the moisture content of 20.5% the slippage ratio was (12.19, 16.03, 15.75%) for the loam clay soil and for the clay soil the slippage ratio was (11.96, 15.73, 15.59%) in the 6 km/hr velocity and 25cm depth for the cultivator plough, moldboard plough and disk plough respectively.

It also forms an impermeable layer because of the alternative tillage in the same depth (maximum depth) and for the same power unit. The slippage of tractor wheel depends on the tillage speed, increasing in power formula with the acceleration of speed: $Sl = a_1 \times e^{a_2}$ where a_1, a_2 are related to depth tillage, the speed, and the water content. The increase of water content decreases the soil cohesion and increases the internal friction angle.

The slip can reach rejected limits, or the slip may be complete which compels the driver to lift the plow and reduce the till depth (reduce the draft force) to return to the normal conditions.

Key words: Tractor wheel slip, Cultivator plow, Moldboard plough, Disk plow, Adhesion and cohesion of soil, Draft force.

* Associate Professor, Department of Agricultural Machines, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo, Syria.

مقدمة:

إن تقليل تكاليف المنتجات الزراعية يعدُّ أمراً أساسياً في جميع الأبحاث المرتبطة بها، وخصوصاً في ظل التنافس الحاد بين اقتصاديات العالم، لذا فإن تحسين كفاءة العملية الزراعية يعدُّ ذا أهمية خاصة في بلد زراعي مثل سوريا. لهذا السبب تم التركيز على تحسين أداء الجرارات الزراعية منذ استخدامها كوحدة قدرة أساسية في المزارع [1]، لذا تتم عمليات الحراثة بوساطة أنواع مختلفة من المحارث وباستخدام الجرار المتوافر والذي يناسب باستطاعته تلك المحارث، إلا أن هذا الاستخدام لا يعتمد على الأسس العلمية السليمة فاختيار المحراث وعمق الحراثة يعتمدان بشكل عام على الخبرة، وفي جميع الأحيان لا يعرف من يقوم بعمليات الحراثة عن طبيعة أو ماهية المحصول السابق ولا حتى اللاحق، لذا تتم عمليات الحراثة حتى العمق الأعظمي للمحراث مما يشكل حملاً إضافياً على الجرار ويؤدي لانزلاق عجلاته القائدة، وهذا الانزلاق يزيد في ضياع القدرة فيزيدي في استهلاك الوقود، كما يشكل طبقة صماء نتيجة الحراثة الدورية المتكررة للمحراث المطرحي القلاب للعمق نفسه (العمق الأعظمي) ولوحدة القدرة نفسها، كما ويهدم البناء الحبيبي للتربة.

إن ضياع الطاقة الكلية من المحرك ناجمة عن عدة العوامل هي [2]:

7) (%) ضياع في الطاقة ناجم عن تشغيل مختلف تجهيزات المحرك.

6 - 10) (%) ضياع في أجهزة نقل الحركة.

20) (%) انزلاق العجلات.

17) (%) مقاومة التربة لحركة العجلات.

أي أن ضياعاً كبيراً في قدرة المحرك يذهب هباءً بسبب الانزلاق المرتبط بتوازن الجرار الديناميكي، فالتحميل الديناميكي للمحور الخلفي في الجرار وضغط الهواء في الإطارات يؤثران بشكل كبير في أداء الجرار، لذا يجب دراسة توازن الجرار واختيار الضغط المناسب للإطار قبل البدء في العمل بالحقل [3].

ذكر [4] أن نسبة الانزلاق التي تكون أقل من 15% تعدُّ نسبة انزلاق مقبولة وأن الفقد الأكبر للطاقة في الجرار سببه انزلاق عجلاته القائدة والتي قد تزيد نسبتها عن 15% عند إنجاز الأعمال الزراعية التي تتطلب قدرة شد كبيرة كالحراثة.

كما تعتمد القوى اللازمة للجر على المحراث وزاوية الاختراق والتي بدورها ترتبط بنوع المحراث وشكل أسلحته. فالمحراث الحفار المصنوع محلياً ذو استخدام واسع في سوريا لتحضير التربة لمختلف أنواع الزراعات. ويفضله المزارع السوري بسبب سهولة صنعه وتشغيله وملاءمته مع العمل المراد تنفيذه [5].

تؤثر عدة قوى في سلاح المحراث الحفار لحظة انزلاق التربة عليه تتكون من [6]:

Q: ثقل الأتربة فوق سلاح المحراث (kg_f).

Ng: قوة مقاومة تشوه التربة (N).

F1: قوة احتكاك التربة مع سطح السلاح (N).

R: رد فعل قعر حد السلاح في الأخدود (N).

F2: قوة احتكاك السلاح مع الأخدود (N).

Nr: قوة مقاومة قذف التربة (N).

T: قوة مقاومة الانزلاق على مستوي الانزلاق (N).

تُسقط هذه القوى وفق الاتجاهين الرأسي والأفقي لتشكل قوى الاختراق وفق الاتجاه الأول وقوى مقاومة الجر وفق الاتجاه الثاني ومن الملاحظ أن هذه القوى ترتبط بنوع التربة و بنسبة رطوبتها وكثافتها وتماسكها وبنوع السلاح وشكله فضلاً عن سرعة الحراثة وعمقها [7].

تزداد القوى اللازمة لجر المحراث المطرحي والقرصي بشكل خطي مع زيادة عمق الحراثة ووفق معادلة من الدرجة الثانية مع ازدياد السرعة، كما تتناقص القوى اللازمة لجر المحراث المطرحي والقرصي مع زيادة نسبة الرطوبة حتى الوصول إلى نسبة رطوبة محددة (نسبة رطوبة الحراثة المثلى) ولكل نوع من أنواع التربة نسبة رطوبة مثلى وبعدها تبدأ بالزيادة بسبب زيادة قوة الالتصاق (Adhesion) والتي تزداد بسبب زيادة زاوية الاحتكاك الداخلي (θ) [8]. إن معرفة مقاومة التربة على القص أمر أساسي في مختلف العمليات الزراعية حيث ترتبط قوة مقاومة القص للتربة بالتماسك والتلاصق بين مكوناتها وبزاوية الاحتكاك الداخلي (θ) [9]:

$$\tau_{\max} = S_o + \sigma \tan \theta \dots\dots\dots(1)$$

τ_{\max} : إجهاد القص على طول مستوي الانهيار (N/cm^2) .

S_o : التماسك الظاهري (N/cm^2) .

σ : الإجهاد الفعال عند مستوي الانهيار (N/cm^2) .

θ : زاوية الاحتكاك الداخلي لحبيبات التربة.

وبصورة عامة يضعف تماسك التربة كلما زادت نسبة الرطوبة، أما التلاصق فيزداد مع ازدياد نسبة الرطوبة إلى الحد الذي يعمل كعامل للتزييت عندها تبدأ القوة في الانخفاض، ومن المهم جداً خلال مقاومة حركة الآلات أثناء عملية الحراثة أن يكون مجموع كل من قوى التلاصق والتماسك (Adhesion & Cohesion) أقل ما يمكن عند مستويات نسب الرطوبة المختلفة [10].

ولتقدير قوى الجر اللازمة لحراثة التربة لابد من تحديد قوى مقاومة التربة للقص (Shear Strength (τ_{\max})) وهي أكبر إجهاد قص يمكن أن تتحمله التربة حتى الانهيار والذي يرتبط بالتركيب الكيميائي وبطبيعة تماسك التربة بكتلتها (Adhesion & Cohesion) ونسبة الرطوبة (M) والكثافة الظاهرية (ρ) وزاوية الاحتكاك الداخلي (θ) ، والتي تُعدُّ من أهم خواص المقاومة وخاصيتها للتشكل المرن أو اللدن [11].

إن زيادة قيمة قوى التلاصق والتماسك (Adhesion & Cohesion) للتربة تزداد مع زيادة نسبة رطوبتها حتى يصبح القوام عجينياً في التربة الطينية [12].

ذكر [13] بأن نسبة انزلاق الدولاب القائد تزداد مع زيادة السرعة وعمق الحراثة بسبب زيادة المقاومة.

أوجد [14] دالة تربط كل من قوة الشد (F) والعزم الواقع على العجلات الخلفية (M) بنسبة الانزلاق (S):

$$F, M = f (1 - e^{-S}) \dots\dots\dots(2)$$

وحين استخدم [15] جراراً ذا دفع أمامي مساعد (تم تحييده) في تربة رملية لومية ومحراث حفار وعند أربع سرعات وثلاثة أعماق للحراثة حصل على مدى واسع من الانزلاق تراوح بين (3-19%) ووجد أن هذا الانزلاق يزداد مع زيادة العمق والسرعة.

تم استخدام جرار ذي دفع أمامي مساعد (تم تحييده) في تربة رملية طميية وقياس انزلاق عجلاته القائدة الخلفية بتغيير قوة الشد الأفقية على قضيب الشد والوزن الديناميكي على محور العجلات الخلفية وتغيير ضغط الهواء في الدواليب الخلفية حيث تراوح الانزلاق بين (5-28%) وهذا الانزلاق يزداد مع زيادة نسبة الشد بصورة غير خطية [16].

حين قام [17] بمقارنة الأداء الحقلي لجرارين بدفع ثنائي ورباعي على الأراضي الرملية وجد انخفاض نسبة الانزلاق عند الدفع الرباعي.

وجد [18] أن الزيادة في عمق الحراثة تزيد من نسبة انزلاق عجلات الجرار القائدة، كما وجد أن زيادة انزلاق العجلات هي نتيجة لزيادة قوة الشد عند زيادة عمق الحراثة، وذكر أن كل نوع من المحارث يؤثر بشكل مختلف في انزلاق عجلات الجرار، كما أن لرطوبة التربة تأثيراً مباشراً في انزلاق العجلات من خلال تأثيرها في قوة الشد المطلوبة وتوصل إلى وجود علاقة عكسية بين رطوبة التربة وقوة الشد في جرار ذي دفع ثنائي.

وجد [19] أن هناك علاقة طردية بين عمق الحراثة ونسبة انزلاق عجلات الجرار الزراعي وعلاقة عكسية بين محتوى رطوبة التربة و نسبة الانزلاق، حين استخدام جرار ثنائي الدفع لتربة طينية لومية رملية وثلاثة أنواع من المحارث (حفار. مطرحي وقرصي) لثلاث نسب رطوبة وعمقي حراثة، فقد كانت نسبة الانزلاق الأعلى عند الحراثة بالمحراث المطرحي بينما كانت النسبة الأقل عند الحراثة بالمحراث الحفار.

وقد زاد انزلاق دولاب الجرار باستخدام المحراث المطرحي بنسبة 1.79% عن المحراث القرصي ونسبة 1.94% عن المحراث الحفار عند عمق 20 cm وسرعة 6 km/hr حين العمل في تربة طينية ثقيلة [20]. إن تزايد القوة المحركة يزيد من انزلاق العجلات القائدة بسبب زيادة إجهادات وتشوهات التربة المماسية، وبسبب تماسك العجلات مع التربة [21].

يستخدم دولاب الجرار مدامات كبيرة لزيادة هذا التماسك، وعددها 42 مداماً مقسمة على صفيين مائلين بزاوية 50 درجة، مساحة سطح استناد المدام الواحد 286.66 cm²، ومواصفات الإطار القائد (30-16.9/14) ونصف قطر التدرج 66.7 cm [22]، ومن ثم فإن مساحة سطح الاستناد لمجموع المدامات المستندة على الأرض عند الضغط (1.2 kg/cm²) كان 1852.97 cm². الشكل (1).



الشكل (1) دولاب الجرار ومداماته.

أهمية البحث وأهدافه:

دراسة انزلاق الدواب القائد للجرار لتحسين أدائه وزيادة مردود عملية الحراثة بدراسة بعض العوامل المؤثرة في الانزلاق عند أربع سرعات، وأربعة أعماق للحراثة، وأربعة مستويات لنسب رطوبة التربة، حين استخدام المحراث الحفار والقلاب (المطرحي والقرصي)، وقد أجري البحث على نوعين من الترب السورية (طينية - طينية لومية) في محافظة حلب، وأجريت تحاليل التربة في مخابر جامعة حلب.

طرائق البحث ومواده:

أُجري البحث على نوعين من الترب شمال سورية توزعت على الشكل التالي:
تربة من منطقة كويرس (طينية) شرق حلب وتبعد (36 km) عن مدينة حلب.
تربة من منطقة إزاز - العدي (طينية لومية) شمال حلب وتبعد (52 km) عن مدينة حلب.
وكانت المنغيرات:

1. عمق الحراثة (10, 15, 20, 25 cm).
2. سرعة الحراثة (3, 4, 5, 6 km/hr).
3. نسب الرطوبة للتربة (8.5, 12.5, 16.5, 20.5 %).
4. ثلاثة أنواع من المحارث (حفار، مطرحي، قرصي).

استخدمت التربة الناعمة في تقدير قوام التربة بالاعتماد على طريقة فصل المكونات الأولية المتبعة بطريقة الهيدرومتر [23] وكذلك تم تقدير المادة العضوية بطريقة المعايرة السريعة بعد أكسدتها بـ $K_2 Cr_2 O_7$ وفق طريقة الأكسدة المبتلة التي أوضحها Black & Walky والموصوفة من قبل [24]. وكانت نتائج التحليل الميكانيكي لنوعي التربة المدروسة وفق الجدول التالي [25]:

الجدول (1): نتائج التوزيع الحجمي (التحليل الميكانيكي) للتربة لمناطق الدراسة وكثافتها الظاهرية.

العينة	التوزيع الحجمي لمكونات التربة %					القوام	المادة العضوية (%)	الكثافة الظاهرية (gr/cm^3)
	رمل خشن C. sand	رمل ناعم F. sand	مجموع الرمل Sand	سلت Silt	طين Clay	تركيب العينة		
كويرس	7.02	23.01	30.03	20.16	49.81	Clay	0.94	1.44
العدي	19.75	10.18	29.93	38.05	32.02	Clay loam	1.18	1.41

كان عدد المعاملات 192 معاملة لكل نوع من نوعي التربة وأجريت ثلاثة مكررات لكل معاملة، بتقسيم الأرض بشكل عشوائي إلى قطع كل قطعة بمساحة ($75 \times 2,5 m^2$) تقريباً.

- المحارث المستخدمة:

تم استخدام ثلاثة أنواع من المحارث حفار (سلاح رجل بطة)، و مطرحي، وقرصي كما في الشكل (2)، يتألف المحراث الحفار من تسعة أسلحة تتوضع في صفين المسافة بين كل سلاحين على خط الحراثة (25cm)، عرض السلاح (20cm)، وارتفاعه (20cm)، زاوية الرأس (β): 80°، زاوية القطع (γ): 22°. أما المحراث المطرحي فيتألف من ثلاثة أسلحة بعرض حراثة لكل سلاح (35cm)، ذي حافة مستقيمة طول السلاح (47cm) وارتفاعه من الأمام (14cm) ومن الخلف (8cm) يُشكل زاوية 42° مع اتجاه الحركة والمطرحة ذات ميول كبير لزيادة قلب التربة الطينية وهو محراث معلق عرض الحراثة (105cm). والمحراث القرصي يتألف من ثلاثة أقراص، قطر القرص (70cm) وزاوية القرص أو الحراثة مع خط سير المحراث المستخدم 42° وزاوية الميل 15°، وهو محراث معلق عرض الحراثة (105cm).

- تحديد سرعة الحراثة (v):

تم ذلك بقياس الزمن اللازم لحراثة مسافة معينة:

$$S = \frac{D}{T} \times 3.6 \quad \dots\dots\dots(3)$$

S: السرعة الأمامية (km/hr.) . D: المسافة المقطوعة (m) . T: الزمن اللازم لقطع المسافة (sec).



1- السلاح، 2- المطرحة، 3- القصبة، 4- الهيكل، 1- الهيكل، 2- القرص)، 2- الهيكل، 3- دولاب التوجيه والتوازن. 1- السلاح، 2- القصبة، 3- الهيكل، 4- الهيكل.

الشكل (2) سلاح المحراث الحفار (رجل بطة) والمطرحي والقرصي.

- تحديد قوة الجر (F_T):

تم تحديد قوة الجر للمحراث الحفار من [7] وللمحراث (المطرحي والقرصي) من [8]، حيث تم استخدام مقياس هيدروليكي (دينامومتر-عبارة عن أسطوانة هيدروليكية وساعة لقياس ضغط الزيت) لقياس قوى الجر حيث رُبط هذا المقياس بمقدمة الجرار المعلق به المحراث وباستخدام جرار آخر تم تحديد القوة (F_T) بقياس هذا المقياس حتى 50 و 80 كيلو نيوتن، لكلا النوعين من المحارث وعلى الترتيب.

- تحديد عمق الحراثة (h):

تم قياس عمق الحراثة باستخدام المسطرة المزودة المدرجة واعتبر سطح التربة غير المحروث كمستوى مرجعي، وقيس العمق من أخفض نقطة في التربة المحروثة إلى مستوى السطح المرجعي.

- تحديد نسبة الانزلاق (S) Slippage):

تم تقديره لكل عملية من عمليات الحراثة، بوضع علامة على العجلة القائدة للجرار، وسير الجرار عشر دورات للدولاب دون حمل (دون حراثة)، وقياس المسافة المقطوعة، وتجرى العملية ثانية مع الحمل (الحراثة) وقياس المسافة المقطوعة لعشر دورات أيضاً، ومن فرق المسافة بحمل وبدونه نحصل على نسبة الانزلاق [26, 27, 28].

$$Sl = \left(1 - \frac{L_{act}}{L_{th}}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

S: انزلاق العجلات القائدة (%).

L_{act} : المسافة المقطوعة مع حمل (حراثة) من أجل 10 دورة لدولاب الجرار (m).

L_{th} : المسافة المقطوعة بدون حمل (بدون حراثة) من أجل 10 دورة لدولاب الجرار (m).

النتائج والمناقشة:

- تحديد انزلاق الدولاب القائد:

تم تحديد نسبة رطوبة وسطية للتربة (عند نصف عمق الحراثة في كل حالة) تبدأ من 20.5% (بعد الري)، وتركها لتجف حتى 8.5% لكل تربة على حدة وينقصان قريباً من 4%، على أرض بلاط كانت مزروعة بمحصول صيفي وبعمق (10, 15, 20, 25 cm) وأربعة سرعات للحراثة (3, 4, 5, 6 km/hr) تقريباً. تم حساب انزلاق الدولاب القائد للجرار من العلاقة (4) والجداول (2 - 7) تبين انزلاق الدولاب عند مختلف المتغيرات لتربة كويرس والعدية على الترتيب للمحراث الحفار والمطرحي والقرصي.

الجدول (2): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة كويرس) للمحراث الحفار.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
9.53	6.49	4.52	2.85	10.11	6.88	4.79	3.02	10
10.30	7.01	4.88	3.08	11.12	7.56	5.27	3.32	15
11.15	7.59	5.29	3.33	12.03	8.18	5.70	3.60	20
13.54	9.21	6.42	4.05	14.65	9.97	6.95	4.38	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
8.73	5.94	4.14	2.61	9.08	6.18	4.31	2.71	10
9.25	6.30	4.39	2.77	9.71	6.61	4.61	2.90	15
10.13	6.89	4.80	3.03	10.44	7.10	4.95	3.12	20
11.96	8.14	5.67	3.58	12.62	8.59	5.98	3.77	25

الجدول (3): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة العدية) للمحراث الحفار.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
9.72	7.21	5.02	3.09	10.30	7.64	5.32	3.28	10
10.50	7.78	5.43	3.34	11.33	8.40	5.86	3.60	15
11.47	8.50	5.93	3.65	12.36	9.17	6.39	3.93	20
13.90	10.31	7.18	4.42	15.14	11.23	7.83	4.82	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
8.90	6.60	4.60	2.83	9.26	6.86	4.78	2.94	10
9.43	7.00	4.88	3.00	9.90	7.34	5.12	3.15	15
10.32	7.66	5.34	3.28	10.64	7.89	5.50	3.38	20
12.19	9.04	6.30	3.88	12.87	9.54	6.65	4.09	25

الجدول (4): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة كويرس) للمحراث المطري.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
11.46	7.62	5.30	3.35	11.87	7.92	5.38	3.52	10
12.38	8.38	5.77	3.62	13.18	8.72	5.86	3.80	15
14.05	9.45	6.46	4.02	14.96	9.82	6.56	4.22	20
17.84	11.88	8.05	4.99	19.00	12.36	8.17	5.24	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
9.83	6.78	4.76	3.04	10.76	7.19	5.02	3.19	10
10.91	7.46	5.19	3.28	11.62	7.91	5.47	3.45	15
12.39	8.41	5.81	3.65	13.19	8.91	6.13	3.83	20
15.73	10.58	7.24	4.53	16.75	11.21	7.63	4.76	25

الجدول (5): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة العديّة) للمحراث المطري.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
11.36	7.84	5.52	3.57	12.10	8.31	5.82	3.75	10
12.62	8.63	6.02	3.86	13.44	9.14	6.35	4.05	15
14.32	9.72	6.74	4.29	15.25	10.31	7.11	4.50	20
18.18	12.23	8.39	5.32	19.37	12.97	8.85	5.59	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
10.02	6.98	4.96	3.24	10.67	7.40	5.23	3.40	10
11.12	7.68	5.41	3.50	11.85	8.14	5.70	3.67	15
12.63	8.66	6.05	3.89	13.45	9.17	6.38	4.08	20
16.03	10.89	7.54	4.83	17.07	11.54	7.95	5.07	25

الجدول (6): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة كويرس) للمحراث القرصي.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
12.34	8.69	6.17	4.84	13.08	9.21	6.54	5.13	10
13.45	9.47	6.73	5.27	14.65	10.32	7.32	5.74	15
14.68	10.34	7.34	5.76	15.83	11.15	7.91	6.20	20
17.77	12.52	8.88	6.97	19.36	13.64	9.68	7.59	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
11.30	7.96	5.65	4.43	11.75	8.28	5.88	4.61	10
11.98	8.44	5.99	4.70	12.69	8.94	6.35	4.98	15
13.22	9.31	6.61	5.18	13.63	9.60	6.82	5.34	20
15.59	10.98	7.80	6.11	16.45	11.59	8.23	6.45	25

الجدول (7): انزلاق الدولاب القائد للجرار (%) عند مختلف المتغيرات (عينة العدية) للمحراث القرصي.

من أجل سرعة (km/hr)				من أجل سرعة (km/hr)				عمق الحراثة (cm)
6	5	4	3	6	5	4	3	
نسبة الرطوبة 12.5 %				نسبة الرطوبة 8.5 %				
12.47	8.97	6.50	5.24	13.22	9.50	6.89	5.56	10
13.59	9.77	7.08	5.71	14.81	10.64	7.71	6.22	15
14.84	10.67	7.73	6.24	16.52	11.88	8.61	6.95	20
17.96	12.91	9.36	7.55	19.56	14.06	10.19	8.22	25
نسبة الرطوبة 20.5 %				نسبة الرطوبة 16.5 %				
11.42	8.21	5.95	4.80	11.88	8.54	6.19	4.99	10
12.11	8.70	6.31	5.09	12.83	9.22	6.68	5.39	15
13.36	9.61	6.96	5.62	13.78	9.90	7.18	5.79	20
15.75	11.33	8.21	6.62	16.63	11.95	8.66	6.99	25

تم تمثيل لبعض نتائج الانزلاق بشكل تخطيطي كما هو موضح بالأشكال (2 - 12).

تراوح انزلاق الدولاب القائد للجرار بين (2.83-12.19%) وبين (3.24-16.03%) وبين (4.80-15.75%) عند نسبة رطوبة 20.5% وكانت بين (3.28-15.14%) و بين (3.75-19.37%) وبين (5.56-19.56%) عند نسبة رطوبة 8.5% وسرعات الحراثة المدروسة، حين استخدام أنواع المحارث بالترتيب (حفار-مطرحي-قرصي) لتربة العدية، ويلاحظ أن عجالات الجرار أقل انزلاقاً عند استخدام المحراث الحفار عنه في المحراث المطرحي وهذا ما ذكره [29, 35] بأن معامل المقاومة للمحراث الحفار أقل منها لكل من المحراث المطرحي والقرصي على الترتيب، وكذلك ما ذكره [30] بأن مقاومة التربة للاختراق عند الحراثة بالمحراث الحفار كانت أقل منها عند الحراثة بالمحراث المطرحي. لأن المحراث المطرحي والقرصي يقومان بقلب التربة وهذا يحتاج إلى قوة إضافية [31] ومن ثم انزلاق أكثر للدولاب القائد للجرار.

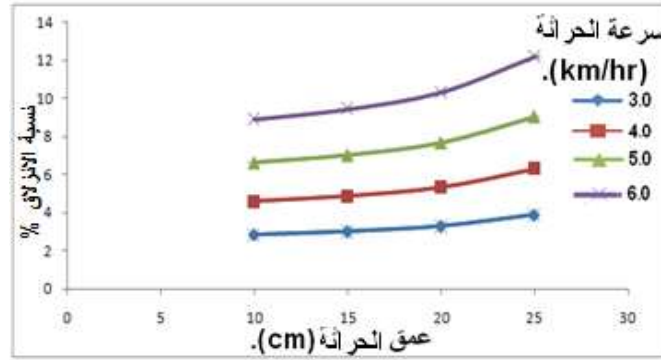
بينما الانزلاق حين استخدام المحراث المطرحي فهو أقل من الانزلاق حين استخدام المحراث القرصي عند الأعماق الأقل وأكثر عند الأعماق الأكبر، وذلك بسبب تقطيت المحراث القرصي الأكثر للتربة ومن ثم زيادة قوى الجر عند العمق نفسه كما في الأشكال (2-7).

زيادة ملحوظة للانزلاق عند زيادة السرعة حيث وصلت نسبة الانزلاق لـ (15.14، 19.37، 19.56%) عند نسبة رطوبة 8.5% وسرعه 6 km/hr لتربة العدية بسبب تماسك التربة تحت ظفر الدولاب القائد للجرار [32] والذي يبين أن زيادة قوى التلاصق والتماسك (Adhesion & Cohesion) للتربة تزداد مع زيادة الرطوبة لها حتى يصبح القوام عجيباً في التربة الطينية، وأيضاً بسبب زيادة القوة المحركة المقدمة من الجرار ومن ثم زيادة الانزلاق وهذا ما ذكره [33, 34] بأن زيادة السرعة أدت إلى زيادة القوة اللازمة للجر ومن ثم زيادة الانزلاق حين استخدام محراث قرصي. كما أن هناك زيادة في المقاومة التي تتلقاها الآلات عند نسب الرطوبة المنخفضة وهدم لبنائها وتفتيتها مع وجود كتل وفجوات كبيرة [35] مما سبب زيادة في انزلاق الدولاب القائد للجرار.

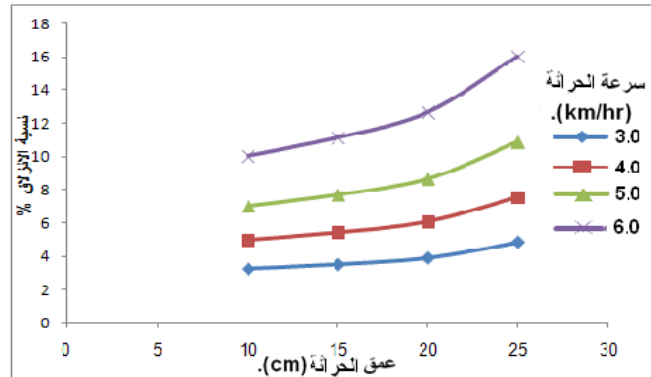
ترتبط نسبة الانزلاق بالعلاقة التالية مع السرعة وعمق الحراثة:

$$St = a_1 \times e^{a_2} \dots (5)$$

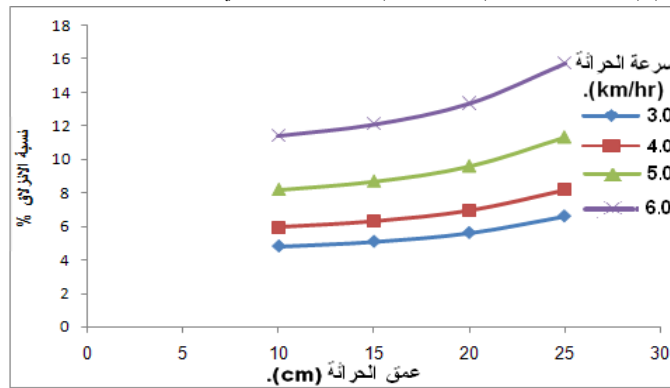
حيث تتعلق (α_1, α_2) بعمق الحراثة والسرعة وقد وجد أن (R^2) أكبر 0.95 في كل المعاملات.



الشكل (2): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث الحفار عند نسبة رطوبة 20.5%.

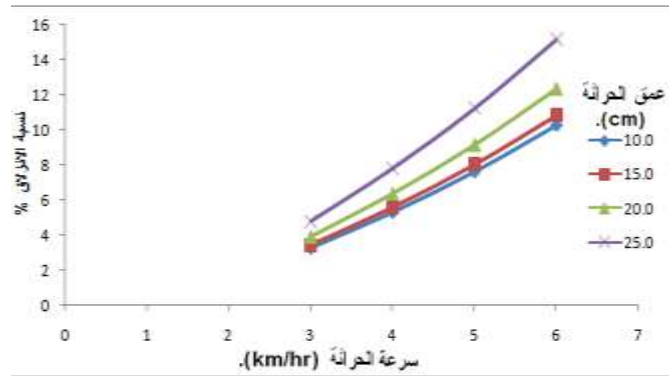


الشكل (3): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث المطرحي عند نسبة رطوبة 20.5%.

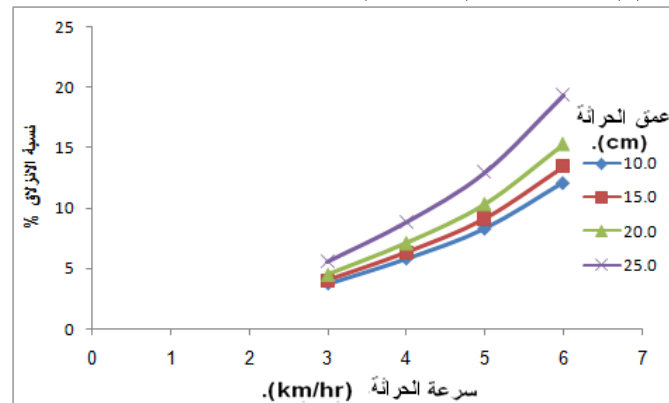


الشكل (4): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث القرصي عند نسبة رطوبة 20.5%.

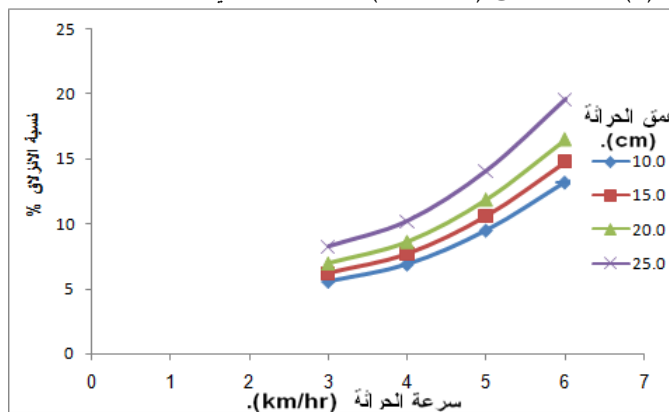
تتراوح انزلاق دولاب الجرار القائد بين (3.28-15.14) و (3.75-19.37) و (5.56-19.56) عند رطوبة 8.5% وسرعات الحرثة المدروسة، حين استخدام أنواع المحارث بالترتيب، ويلاحظ زيادة انزلاق دولاب الجرار حين استخدام المحارث الثلاثة إلى زيادة نسبة الرطوبة 8.5% و 20.5% عند السرعة الدنيا كان (13.6، 13.71، 13.67%) لكل من المحارث المستخدمة على الترتيب، وكانت نسب الزيادة عند السرعة العظمى (17.24، 19.48، 19.42%) لكل من المحارث المستخدمة على الترتيب، يلاحظ أن الفارق أكبر للمحراث الحفار بسبب عرض التشغيل الأكبر (225cm) واختلاف زاوية القطع، يليه المحراث القرصي بسبب تفتيته الأكثر للتربة من المحراث المطرحي كما في الأشكال (5-7).



الشكل (5): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث الحفار عند نسبة رطوبة 8.5 %.

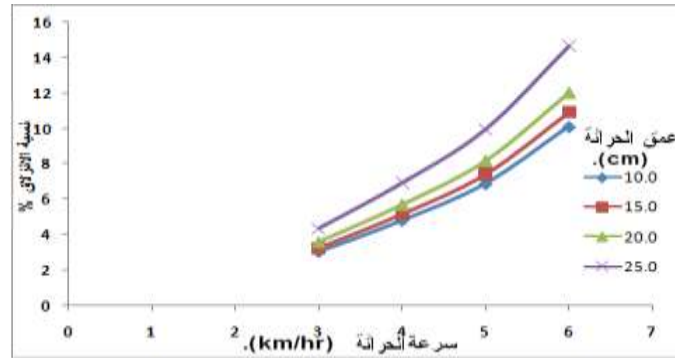


الشكل (6): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث المطرحي عند نسبة رطوبة 8.5 %.

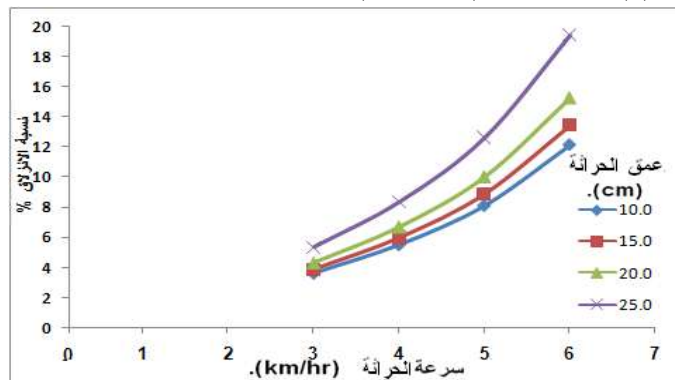


الشكل (7): نسبة الانزلاق (عينة العدية) للمحراث القرصي عند نسبة رطوبة 8.5 %.

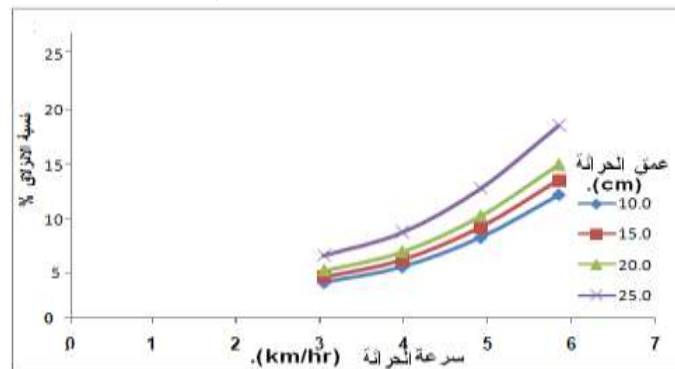
بمقارنة الانزلاق لكلا النوعين من التربة عند نسب الرطوبة المختلفة وجد أن انزلاق دولاب الجرار القائد لتربة كويرس أقل. أي مقاومتها لقوى القص أكبر، كونها تربة طينية بينما تربة العدية تربة لومية طينية لذلك فقوى التماسك لها أقل [36] فنسبة السلت في نوعي التربة (20.16، 38.05) لتربة كويرس العدية على الترتيب، فعند رطوبة 8.5% وسرعة 6 كم/ساعة كان الانزلاق لتربة كويرس 14.64 وأصبح 15.14 لتربة العدية حين استخدام المحراث الحفار، وكان الانزلاق لتربة كويرس 19.00 وأصبح 19.37 لتربة العدية حين استخدام المحراث المطرحي، كان الانزلاق لتربة كويرس 19.36 وأصبح 19.56 لتربة العدية حين استخدام المحراث القرصي كما في الأشكال (8-10).



الشكل (8): نسبة الانزلاق (عينة كويرس) للمحراث الحفار عند نسبة رطوبة 8.5 %.

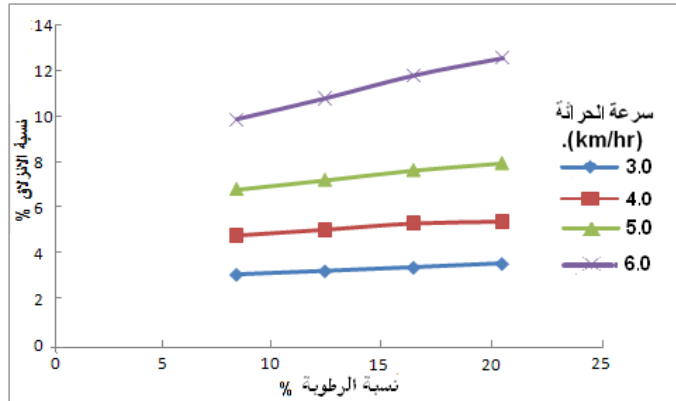


الشكل (9): نسبة الانزلاق (عينة كويرس) للمحراث المطرحي عند نسبة رطوبة 8.5 %.

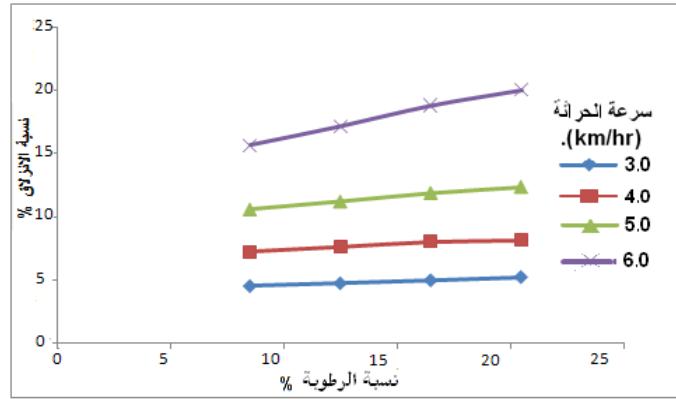


الشكل (10): نسبة الانزلاق (عينة كويرس) للمحراث القرصي عند نسبة رطوبة 8.5 %.

تتقص نسبة الانزلاق عند مختلف السرعات حين زيادة نسبة الرطوبة وحين بلوغها نسبة رطوبة الاستحراث (نسبة الرطوبة المثلى للحراثة) تبدأ بالزيادة النسبية مما يعني أن لكل تربة نسبة رطوبة مثلى للحراثة يكون فيها الانزلاق في الحالة المثلى هذه الرطوبة مرتبطة بخواص التربة الإجهادية ومقاومتها للقص والاختراق وانزلاق الدولاب القائد للجرار ووجودها في مكانين منفصلين (حرث، انزلاق الدولاب).



الشكل (11): نسبة الانزلاق (عينة كويرس) للمحراث المطرحي عند عمق حراثة 15 cm.



الشكل (12): نسبة الانزلاق (عينة كويرس) للمحراث المطرحي عند عمق حراثة 25 cm.

- العوامل المؤثرة في الانزلاق (SL):

يؤثر في الانزلاق عدد من العوامل [21] هي القوة اللازمة للجر (F_T)، الحمولة الناظمية للعجلة القائدة، طول سطح تماس العجلة القائدة، فضلاً عن عوامل تتعلق بالتربة مثل حجم حبيباتها وشكلها ونسبة مكوناتها من رمل وسلت وطين. خواص التربة وحالتها. ويسرعة الجرار [33, 34]. ويُعبّر عن الحمولة الناظمية بثابت (C_D) حيث تتأثر بالزاوية (θ) وبأبعاد الجرار الهندسية وجهاز العمل الملحق التي تتغير مع تغير عمق الحراثة، أما طول سطح الاستناد فيعتمد أساساً على ضغط الهواء داخل الإطار ونوعه، أما بالنسبة لخواص التربة فتعتمد على التماسك التي تعتمد بصورة رئيسية على خواصها من نسبة رطوبة وكثافة ظاهرية [36].

تم تقدير معدل الانزلاق (Sl) والمرتببط بنوع التربة وحالتها (نسبة الرطوبة) وبنوع المحراث والسلاح ويسرعة الحراثة ومساحة سطح استناد العجلات القائدة مع الأرض:

$$Sl = f(F_T, C_D, A, \sigma, \tau, v) \dots \dots \dots (6)$$

F_T : قوة مقاومة الجر (kN) والمرتبطة بعمق الحراثة.

C_D : ثابت يُمثل الحمولة الناظمية على الدولاب القائد للجرار.

A : مساحة سطح الاستناد لظفر الدولاب على الأرض (cm^2) عند ضغط قياسي في الدولاب (1.2 kg/cm^2).

σ ، τ : الإجهاد والانفعال الخاص بالتربة المرتبط بنوع التربة وطبيعتها، قوام التربة وبنائها، محتواها من المادة العضوية والمخلفات النباتية.

v : سرعة الحراثة (m/sec).

- العلاقة بين الانزلاق والتماسك والتلاصق:

تم مقارنة الانزلاق الناتج عن التجارب مع (τ_{max}) المرتبط بالتماسك والتلاصق الناتج من المعادلة التالية العوامل [7, 8]:

$$\tau_{max} = \alpha_0 \times \rho \times (S_0 + \sigma \tan \theta) \dots \dots (7)$$

a_0 : ثابت يتعلق بالتربة.

ρ : كثافة التربة (gr/cm^3).

S_0 : تماسك التربة الظاهري (N/cm^2).

وجد أن معامل الارتباط (R^2) صغير نسبياً حيث لم يتجاوز 50% عند ضغط قياسي في الدولاب ($1.2kg/cm^2$)، وبخاصة عندما كانت قيمة F_T كبيرة (عمق الحراثة كبير)، وسبب هذا عدم تمكننا من دراسة التوازن الديناميكي للجرار لصعوبة هذه الدراسة حيث يتغير الوزن على المحور الخلفي للجرار في كل لحظة، ومن ثم على الدواليب القائدة مع تغير عمق الحراثة وانتقال جزء من الحمولة من المحور الأمامي للجرار إلى المحور الخلفي له، وعدم تجانس التربة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. يزداد انزلاق دولاب الجرار مع زيادة القوة اللازمة للجر. ويمكن أن يصل إلى حدود غير مقبولة أو يمكن أن يكون انزلاقاً كاملاً، مما يفرض على السائق رفع المحراث وإنفاص عمق الحراثة (تخفيض قوى الجر) تمهيداً للعودة إلى عمل الجرار بشكل طبيعي.
2. يرتبط انزلاق الدولاب القائد للجرار ارتباطاً وثيقاً بسرعة الحراثة (v) ويزداد بشكل أسي مع زيادتها.
3. يقل انزلاق الدولاب القائد للجرار مع زيادة نسبة الرطوبة في المجال المدروس بسبب زيادة قوى التلاصق والتماسك (Adhesion & Cohesion) للتربة تزداد مع زيادة الرطوبة لها حتى يصبح القوام عجيبياً في التربة الطينية وانهار مقطع التربة تحت ظفر دولاب الجرار فزيادة نسبة الرطوبة تقلل من تماسك التربة، وكذلك تزيد من زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.
4. توجد زيادة في انزلاق الدولاب القائد للجرار في تربة العديّة عنه في تربة كويرس بسبب زيادة (τ_{max}) في تربة كويرس أي مقاومتها لقوى القص أكبر.
5. تُعد نسبة الرطوبة من أهم العوامل التي تؤثر في قوة الجر ومعامل المقاومة ومن ثم نسبة الانزلاق لذا يجب المحافظة عليها عند الحدود المطلوب عند إجراء عمليات الحراثة للمحافظة على حدود الانزلاق المسموح به، فإجراء عمليات الحراثة لتربة ذات نسبة رطوبة منخفضة يهدم بناءها ويزداد تفتيتها مع وجود كتل وفجوات كبيرة، وعند العمل في تربة ذات نسبة رطوبة مرتفعة تتعجن.

6. تم تثبيت ضغط الهواء في دولاب الجرار عند الضغط القياسي (1.2 kg/cm^2)، ولم يتم دراسة التوازن الديناميكي للجرار لصعوبة الدراسة الديناميكية حيث يتغير الوزن على محور الجرار الخلفي ومن ثم على الدواليب القائدة مع تغير عمق الحراثة وانتقال جزء من الحمولة من المحور الأمامي إلى المحور الخلفي له، ووجود زوايا اختراق مختلفة لأنواع المحارث المستخدمة وعدم تجانس التربة.

7. إن اختيار عمق الحراثة يعتمد على خبرة الفلاح ولا توجد أسس علمية متبعة لهذا الاختيار، لذا تتم عمليات الحراثة حتى العمق الأعظمي للمحراث مما يشكل حملاً إضافياً على الجرار ويؤدي لانزلاق عجلاته القائدة، وهذا الانزلاق يزيد في ضياع القدرة ويزيد في استهلاك الوقود، كما يشكل طبقة صماء نتيجة الحراثة الدورية المتكررة للمحراث المطرحي القلاب للعمق نفسه (العمق الأعظمي) ولوحدة القدرة نفسها.

التوصيات:

يجب أن تكون الحراثة عند نسبة رطوبة الاستحراث للتربة لأن التربة في هذه الحالة تكون أقل تماسكاً مما لو زادت نسبة الرطوبة عن ذلك.

يجب أن يكون عمق الحراثة مرتبطاً بعمق جذور المحصول وأن لا تتم الحراثة على العمق نفسه لكل حراثة كي لا تتشكل طبقة صماء عند هذا العمق حين استخدام المحراث المطرحي القلاب.

تعميق الدراسة بدراسة التوازن الديناميكي للجرار تحت تغير قوى الجر لأنواع المحارث المختلفة.

المراجع:

- 1- EVANS, M. D.; CLARK, R.L.; MANOR, G. *An Improved Traction Model for Ballast Selection*, ASAE, 34, N^o 3, 1991, 773-780.
- 2- كردي زياد، الصالح يحيى، التتبي نور الدين. *الآلات الزراعية*. كلية الزراعة، جامعة حلب، منشورات جامعة حلب، 2009، 71.
- 3- GOMAA, A. E.; SHAABAN, A. O.; EL-YAZAL, M.N. S. *Traction Improvement and Field Operation Cost Reduction through Speed, Tire Pressure, and Ballast Variation*. *Misr J. Agri. Eng.*, 16, N^o. 1, 1999, 12-34.
- 4- TAYLOR, R.; SCHROCK, M.; WERTZ, K. *Getting the most from your tractor*, Farm machinery and equipment, [http:// www. oznet.ksu. edu/ library/ageng2/mf588. 1991, pdf.](http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf588.pdf)
- 5- AL-NAJJAR, F.; AL-SALLOUM, W. *A Study of Some Factors Affecting the Performance of Chisel Plow Under East Aleppo Conditions*. *Eng. Science J.*, Aleppo Univ., 2005, 217-234.
- 6- SALOUM, A. *Determination of the Variables that Affect the Cultivator Within the Syrian Agricultural Soils*. M. Sc. Thesis, Fac. Eng., Aleppo Uni., 2003, 43.
- 7- AL-NAJJAR, F. *Cohesion and Adhesion Effect on Draft Force to Pull Chisel Plough for Some Kinds of Syrian Soils*, *Eng. Science J.*, Aleppo Univ., 73, 2009.
- 8- AL-NAJJAR, F. *The Influence of Cohesion and Adhesion on the Forces Required to Pull Moldboard and Disk Ploughs Under Some Kinds of Syrian Soils*, *Eng. Science J.*, Aleppo Univ., 81, 2010.
- 9- MCKYES, E. *Soil Cutting and Comments on Cp*. *Techno Metrics*, 15, 1985, 661-675.
- 10- HENIN, S.; GNSS R.; MONNIER G. *Le Profil Cultural*, Masson, MI, Paris., 1969, 55-61.

- 11- SEHARI, S.Q. *Effect of Soil Moisture and density on Soil Shear Strength and Penetration Resistance*. M.Sc. Th., Fac. of Agr. Eng., Alexandria Univ., 1996, 1-11.
- 12- KORAYEM, A.Y., ISMAIL, N.A. *Effect of Moisture Content on Soil Disturbance and Draft of Flat Chisels*. Alex. J. of Agr. Res., 19, N^o. 1, 1971, 1-7.
- 13- ABD El-Slam, M.F.M., *Analysis the Traction and the Required Power for Small Holding Tractor*. Ph. D. Thesis, Fac. Of Agric., Ain Shams Uni., 1995, 103.
- 14- WISMER, R.D.; LUTH, I.J. *off-Road Traction Prediction for Wheeled Vehicles*, Transaction of the ASAE 17, N^o. 1, 1974, 8-10.
- 15- WAHBY, M. F.; KABEEL, M. H.; ABOUKARIMA, A. M. *Effect of Tillage Depth and Rear Wheel Slip of a Front-Wheel Assist Tractor on Wheel Weight Transfer*. Misr J. Agri. Eng., 17, N^o. 1, 2000, 185-194.
- 16- AL-HAMED, S.A.; ABOUKARIMA, A. M.; KABEEL, M. H. *Effect of Rear Tire Inflation pressure on Front Wheel Assisnt Tractor Performance*. Misr J. Agri. Eng., 18, N^o. 3, 2001, 715-725.
- 17- HASHISH, A.I.; METWALLI, M.S.; MOHAMED, A.A.; EL-NAGGAR, M.A, *A Field Comparison of Tractive Performance of Two and Four-Wheel Drive Tractors on a sandy Soil*. Misr J. Agri. Eng., 14, N^o. 4, 1997, 4-16.
- 18- ARVIDSSON, J.; KELLER, T.; GUSTAFSSON. *Specific draught for mouldboard plough, chisel plough and disc harrow at different water content*, Soil Till. Res., 79: 2004, 221-231.
- 19- مامكغ عامر محمد علي. *بعض العوامل المؤثرة في انزلاق عجلات الجرار الزراعي عند الدفع الثنائي للعجلات*، كلية الزراعة، جامعة مؤتة، الكرك، الأردن، المجلة الأردنية في العلوم الزراعية، المجلد 5، العدد 4، 2009، 519-525.
- 20- EL-SAADAWY, M.A.; KHADR, KH. A.A.; MOUSSA, A.L. *Effect of Tillage System on Irrigation and Yield of Maize*. Misr J. Agri. Eng., 17, N^o. 1, 2000, 45-54.
- 21- مريعي محمود محمد. *نظرية الجرارات*، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب، منشورات جامعة حلب، 2001، 74-76.
- 22- Operator Instruction Book, *Ebro 470, Tractors - Motor Iberica S.A. Barcelona-publication N^o. SP 1007/2- Second Edition Printed in Spain, 1979, 13.*
- 23- PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. Part 2, 2nd Ed. *Chemical and Microbiological Properties. Agronomy*, American Society of Agronomy, 1982, 13-26.
- 24- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis an advanced course*. 2nd Ed. Published by the Auter. Univ., of Wisconsin, Madison WI, 1969, 895.
- 25- AL-NAJJAR, F. *The Effect of Soil Density and Moisture Content on Shear and Penetration Strength for Some Kinds of Syrian Soils*، Eng. Science J.، Aleppo Univ. 70, 2009.
- 26- WOERMAN, G. R. *Front Wheel Assist Tractor Field Performance* M.Sc. Thesis, Fac. of Agr. Eng., Nebraska Univ., Lincoln, USA, 1983, 15.
- 27- EL-ADAWY, W.M.I., *The Economics of Minimum Tillage as Compared to Conventional Mechanical Tillage under Egyptian Conditions*. M. Sc. Thesis, Agric. Eng. Dep., Cairo Univ., 1990, 78
- 28- AL-TENBI, M.N.A. *Technical and Economical Studies on Mechanization of Seedbed Preparation for Cotton Production*. M. Sc. Thesis, Agric. Eng. Dept. Cairo Univ., 1999, 140.
- 29- KATARY, H. S. *A Study on Some Specifications of Tractor most suitable for Egyptian Conditions*, Azhar Univ. 1976, 1-128.

- 30- BAUDER, J. W.; RANDALL, G. W.; SWANN, J. B. *Effect Of four Continuous Tillage Systems on Mechanical Impedance of a Clay Loam Soil*, Soil Sci. Soc. Am. J. 45, 1985, 802-806.
- 31- MICHEL, J.; FORNSTROM, K. J.; BORELLI, J. *Energy Requirements of the Tillage Systems for Irrigated Sugar beets Dry Beans and Corn*, Trans. ASAE, 28 N^o 6, 1985, 1731- 1735
- 32- KORAYEM, A.Y.; ISMAIL, N.A. *Effect of Moisture Content on Soil Disturbance and Draft of Flat Chisels*. Alex. J. of Agr. Res., **19** N^o.1, 1971, 1-7.
- 33- مامكغ عامر محمد علي. تأثير سرعة الحراثة وزاوية الحرث وميل القرص في انزلاق عجلات الجرار الزراعي وفي عمق الحراثة عند استخدام المحراث القرصي، كلية الزراعة، جامعة مؤتة، الكرك، الأردن، المجلة الأردنية في العلوم الزراعية، المجلد 5، العدد 3، 2009، 360-352.
- 34- KHEIRALLA, A. F.; YAHYA, A.; ZOHADIE, M.; ISHAK, W. *Modeling of Power and Energy Requirements for Tillage Implements Operating in Ser dang Sandy Clay Loam*, Malaysia. Soil and Tillage Research, 78, N^o. 1, 2004, 21-34.
- 35- AWADY, M.N. 1991- *Engineering of Agricultural Machinery*. Text book, Fac. Agri. Eng., Ain-Shams Univ., 53-54.
- 36- AL-NAJJAR, F. *The Effect of Soil Density and Moisture Content on Shear and Penetration Strength for Some Kinds of Syrian Soils*, Eng. Science J., Aleppo Univ., 70, 2009.