

تصميم نظام قطع جديد في قصاصة النباتات المحمولة

الدكتور نوفل الأحمد*

قيس كامل ابراهيم**

(تاريخ الإيداع 7 / 8 / 2016. قُبل للنشر في 17 / 11 / 2016)

□ ملخص □

تم تصميم نظام قطع جديد لتحسين أداء وانتاجية قصاصة النباتات المحمولة و لاستخدامها في البيئة القاسية ذات الحشائش القصبية و الكثيفة بكفاءة وجودة عاليين و بأدنى احتياجات للطاقة وفي قطع بعض المحاصيل التي تزرع في مساحات صغيرة. النظام الجديد يشمل ثلاثة أنماط: سلاسل بسيطة، سلاسل ذات شفرات مستقيمة وسلاسل بشفرات مائلة، كل سلسلة محمولة على قرص مركزي من الألمنيوم. تم اختبار السلاسل على الشد، وكانت النتائج مرضية. اختُبرت الأسلحة حقلياً على أربعة أنواع من السوق النباتية القمح، الذرة الصفراء حشيشة الفرس و الحلفاء. قوة القص، الانتاجية، معدل استهلاك الوقود، و احتياجات الطاقة تم تحديدها وعند سرعات مختلفة للدوران، كانت السلاسل ذات الشفرات المستقيمة الأفضل في جودة القطع و أقل احتياجاً للطاقة عند قطع كل من الذرة الصفراء و حشيشة الفرس، كانت السلاسل ذات الشفرات المائلة أفضل بالنسبة لكل من القمح و الحلفاء، كانت احتياجات الطاقة وقوى القطع أكبر ما يمكن عند استخدام السلاسل البسيطة. بشكل عام وجد إنه يمكن استخدام هذه الأسلحة بقصاصة النباتات المحمولة وبكفاءة أعلى من التصاميم القديمة.

الكلمات المفتاحية: قصاصة الأعشاب - قوة القص - نظام القطع الدوار - معالجة حرارية- طاقة القطع- احتياجات الطاقة - سرعة القطع - القطع بالصدمة .

*أستاذ - قسم هندسة المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) - هندسة المواد التطبيقية - قسم هندسة المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.

Design a new cutting system for portable plants-eater

Dr. NaofalAlahmad^{*}
KaysseKamel Ibrahim^{**}

(Received 7 / 8 / 2016. Accepted 17 / 11 / 2016)

□ ABSTRACT □

A new system was designed in portable plants-eater to improve the performance and productivity and for using it in the harsh environment containing like-cane dense brushes with high efficiency, quality and lowest power requirement and to harvest some crops are grown in small areas. The new system includes three types: link chain, straight blades chain and oblique blades chain, each chain is fixed on central aluminum disk. the three chains were tested on tensile, the results were satisfactory. The cutters was tested in the field on four types of stalk Wheat, Yellow Maize, Sorghum Helpenese and imperata cylindrical. Cutting force, productivity, fuel consumption, power requirement was calculated with deferent rotation speeds. The straight blades chain has the best cutting quality and lowest energy requirement on maize and sorghum halepense, the oblique blades chain was better on wheat and imperata cylindrical. The greatest values of energy requirement and cutting forces appeared with link chain cutter-head. In general, these cutter-heads are useable in weed-eater with higher efficiency than the old designs.

Key words: weed eater – cutting force – rotating cutting system – heat treatment – cutting energy– energy consumption – cutting speed - cutting impact.

^{*} Professor - Department of Equipment and Machinery Engineering- Faculty of Technical Engineering - Tartus University - Tartus - Syria

^{**} Postgraduate of Science Student in Applied Materials Engineering - Department of Equipment and Machinery Engineering - Faculty of Technical Engineering - Tartus University - Tartus - Syria

مقدمة:

جميع الآلات المستخدمة في الحصاد والجز صممت وفقاً لنظامين أساسيين: نظام القطع الشريطي (القطع باستخدام سكين حصاد (Cutter-Bar Cutting System (CCS)) ونظام القطع الدوار (طريقة الصدم والقص ((Rotating Cutting System (RCS)) [1]. يستخدم CCS لقطع المحاصيل السنوية (سوق رقيقة) والحشائش الرفيعة أما RCS يستخدم غالباً لسوق النباتات ذات الثخانات الأكبر ($0.5 \text{ cm} <$) عندما تكون مقاومة القطع أكبر. يستخدم RCS قوة القصور الذاتي (Inertia) وقوة الصدم (Impact) لقطع السوق النباتية، لكن CCS يستخدم حركة الذهاب والإياب (الترددية) للشفرات لقطع السوق، مع الأخذ بعين الاعتبار متطلبات هذه الأنظمة والخصائص الفيزيائية لسوق النباتات [2]. في حشاشة الأعشاب الضارة المحمولة يستخدم نظام RCS. التقنيات المستخدمة في الحصاد والحش تطورت إلى مستويات عالية كنتيجة لعقود من الأبحاث المعتمدة على المواصفات البيوميكانيكية للمحاصيل والنباتات وبارامترات القص [3, 4]. تصميم وتطوير معدات القطع يهدف غالباً إلى تقليل استهلاك الطاقة بينما يحافظ على النوعية المرغوبة للقطع. تختلف ميكانيكية القص للمواد الزراعية بشكل ملحوظ بين المعادن واللدائن وذلك لأن المواد الزراعية مطاطية-لزجة (viscoelastic). ما يعني، أنها لا تمتلك علاقة محددة بين الإجهاد والتشوه، المواد الزراعية أيضاً تتصرف بشكل مختلف بتأثير قوى الشد و الضغط وكذلك التحميل الستاتيكي أو الديناميكي، معاملات المرونة للنباتات ليست ثابتة القيمة [5]. على الرغم من صعوبة التنبؤ بميكانيكية القطع للنباتات نظرياً، نظام القطع يجب أن يكون قادر على المحافظة على ارتفاع ثابت للقطع، نواتج قطع أصغرية و استهلاك طاقة قطع أصغرية. من أجل نبات معين، طاقة القطع تعتمد على قطر الساق النباتية، رطوبة الساق، سرعة القطع، شكل السلاح القاطع، هندسية السلاح و ارتفاع القطع [6]. تعتبر قصاصة الأعشاب المحمولة إحدى النماذج البسيطة لأجهزة القطع بالصدم (impact). يستخدم في هذه الآلة، بشكل عام، خيط بوليميري مزدوج رفيع بثخانة 3mm مثبت على قرص مركزي عند دوران هذا القرص يمتد الخيط بفعل القوة النابذة ويمتلك طاقة تكفي لقطع بعض الحشائش الرفيعة.

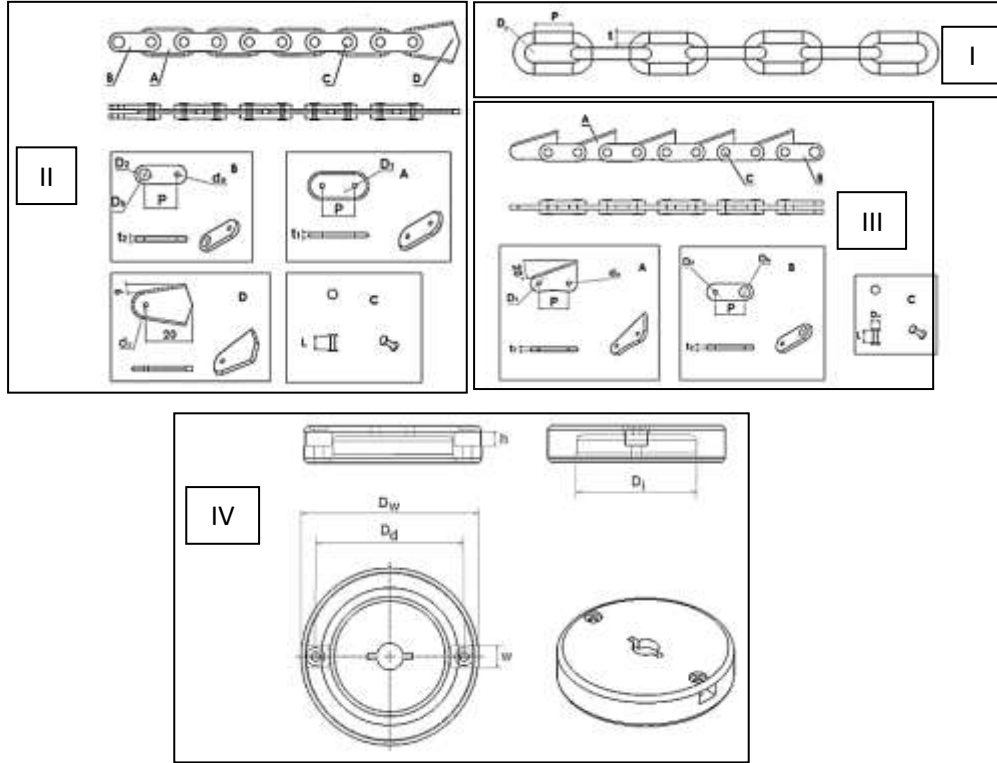
أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر البيئة الجبلية الساحلية بيئة قاسية مليئة بالحجارة والأعشاب الثخينة. يستخدم مزارعو تلك المناطق قصاصة الأعشاب المحمولة للتخلص من بعض الحشائش الضارة التي تنمو بين الأشجار أو لحصد بعض المحاصيل التي تزرع في مساحات محدودة. تظهر بشكل مستمر مشكلة عدم فاعلية الخيط البوليميري في قطع النباتات ذات السوق القصيبة الثخينة وانقطاعه بشكل مستمر مما يسبب توقفات كثيرة أثناء العمل وعدم قدرة الشفرات المعدنية التقليدية للقصاصة على مناورة الأجسام الثقيلة الموجودة في بيئة العمل وعدم إمكانية استخدامها في الآلات ذات الاستطاعات الصغيرة. **يهدف** هذا البحث إلى تحسين خصائص هذه الآلة للعمل في تلك البيئة باستخدام مجموعة من الأسلحة الجديدة مع الأخذ بالحسبان الاعتبارات الاقتصادية و الإنتاجية للآلية المدروسة.

طرائق البحث ومواد:**1-تصميم الرأس القاطع الجديد:**

إن أحد أهداف البحث هو تحويل الشفرات المستقيمة التي تستخدم في قصاصة النباتات إلى مجموعة من الشفرات المنفصلة عن بعضها البعض لكن ترتبط مع بعضها بعناصر ربط بواسطة براشيم من معدن St36، الشكل (1)، وذلك

لكي تتمكن من مناورة الصخور والحجارة بالإضافة إلى إعطاء ديناميكية للسلاح القاطع لتحسين خصائص القطع، تركب هذه السلاسل على قرص مركزي مصنع من الألمنيوم الخفيف الوزن يركب على محور الآلة بواسطة لولب تثبيت من معدن St38 عالية المتانة. يوضح الجدول (1) أبعاد السلاسل ومواصفات البراشيم واللولب المستخدمة.



الشكل (1) أشكال السلاسل والقرص المركزي المستخدمة في البحث. I: السلسلة LC، II: السلسلة SB، III: السلسلة OB، IV: القرص المركزي. A: الشفرة القاطعة، B: عنصر الوصل، C: براشيم، D: زعنفة طرفية

الجدول (1): أبعاد السلاسل المستخدمة في البحث:

القرص المركزي mm					البرشام mm		العناصر القاطعة mm						رمز السلسلة		
Di	h	W	Dd	Dw	L	D0	d0	Db*	D2	D1	t2	t(t1)		P1	P2
50	7.5	17	68	80	6	5	3.6	4	8	15.6	2	2	11.3	10	SB
					6	5	3.6	4	8	7	2	2	12	10	OB
					-	-	-	4	11.5	-	-	3	-	8	LC-1
					-	-	-	4	13	-	-	4	-	10	LC-2

*Db: قطر لولب تثبيت السلسلة مع القرص المركزي.

استُخدمت في البحث قصاصة نباتات من نوع Tanaka SUM 328SE، باستطاعة محرك 3.7HP وسرعة دوران أعظمية للمحرك 10000rpm. يستخدم فيها خليط من البنزين والزيت بنسبة 1:29، تقدر الكفاءة الميكانيكية 81%، الكفاءة الحرارية 45% وسعة خزان 1.6L.

2المعدن المختار:

تم اختيار أحد أنواع الفولاذ المتوسط الكربون والذي يتمتع بالرقم العياري AISI 1030 لصناعة السلاسل SB وOB، أما السلاسل LC فمصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ ذو الرقم العياري AISI 321، الجدول (2). عادة ما يستخدم النوع الأول من الفولاذ في صناعة شفرات القطع و تصنيع محاريث التربة المطرحية، الخطاطات والمحاريث الدورانية وغيرها من المعدات المستخدمة في التطبيقات الزراعية، في حين أن السلاسل المصنعة من الفولاذ المقاوم للصدأ فتمتاز بمتانة عالية ومقاومتها للتآكل والصدم.

الجدول (2): التركيب الكيميائي لأنواع الفولاذ المستخدمة:

العنصر %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Ni
AISI 1030	0.3407	0.193	0.761	0.0527	0.0453	0.117	0.0169	0.0033	0.109
AISI 321	0.1622	1.184	1.863	0.0315	0.0314	16.462	-	1.016	9.351

3- المعاملة الحرارية:

لابد من إجراء مجموعة من المعاملات الحرارية للفولاذ AISI1030 لتحسين الخصائص الميكانيكية والتي تُعدّ مهمة باعتبار أن السلاسل ستعرض لإجهادات عالية أثناء العمل. فعلى اعتبار أن هذا الفولاذ سيستخدم في صناعة السلاسل SB و LB والتي تكون اجزاؤها الفعالة على شكل شفرات حادة؛ بالتالي قد تتعرض هذه الشفرات إلى التآكل أو البري نتيجة الاستخدام المتكرر وخاصة في البيئة القاسية وعند الاصطدام بالأجسام الثقيلة أو حتى بعض السوق النباتية العالية المقاومة للقص. تم تسخين العينات الفولاذية داخل الفرن على الدرجة 858°C (الطور أوستنيت-فريت)، وتركت لمدة ساعة ونصف داخل الفرن. أُخْرِجَت العينات (B) من الفرن لتبرد بالهواء خارج الفرن بشكل بطيء. تم تبريد العينات (C) بالماء بشكل سريع (بدون المرور من نقطة بداية التحول)، أُجْرِيت عملية المراجعة للعينات المقساة بالماء على الدرجة 250°C لمدة ساعة واحدة ثم أُخْرِجَت لتبرد بالهواء. أُجْرِيت اختبار الشد العمومي باستخدام جهاز (Ibertest. Spain) بمعدل انفعال (10mm/min) بأبعاد عينات وفق DIN50-125-B14x72. أُجْرِيت اختبار القساوة باستخدام جهاز (Galileo Durometria SPA-Antegnate. Italy) بأبعاد عينات $5 \times 10 \times 1.3 \text{ cm}$ ، أُجْرِيت اختبار الصدم Izod بوجود ثلم (V) في وسط العينة باستخدام جهاز (Impact tester MT220 Kerbschla. Sweden) بأبعاد عينات $60 \times 10 \times 10 \text{ mm}$ للعينات الفولاذية 1030 قبل المعاملة (A) و للعينات (B) و (C).

4- تحديد عزم العطالة للأسلحة المختبرة:

عند تصميم النظم الميكانيكية لابد من تحديد عزم القصور الذاتي للأجزاء المتحركة، تم حساب عزم القصور الذاتي (عزم العطالة) لجميع الأسلحة المدروسة أثناء دورانها حول محور مركزي، تعطى قيمة عزم العطالة لكتلة صغيرة جداً dm تدور حول محور بنصف قطر دوران r حسب [8] بالعلاقة التالية:

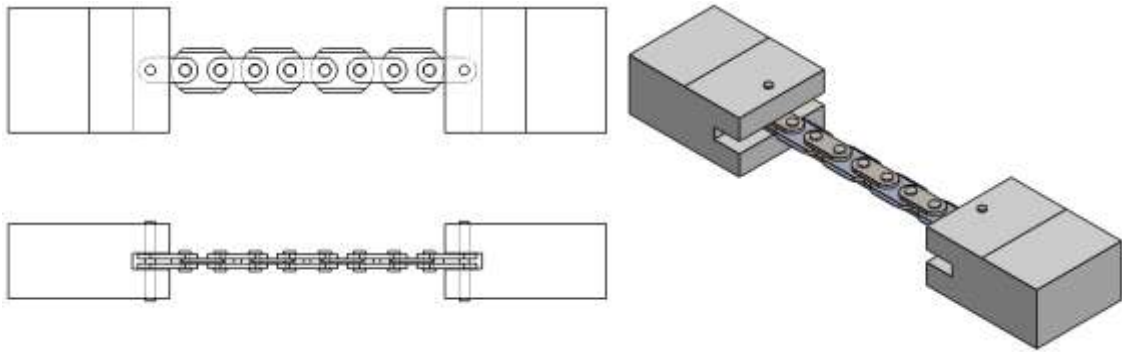
$$I = \int r^2 dm \quad (1)$$

باعتبار أن الكتلة الإجمالية الدوارة مكونة من مجموعة N من الكتل النقطية m_i على مسافة r_i من محور الدوران تصبح قيمة عزم القصور الذاتي الإجمالية:

$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2 \quad (2)$$

5- اختبار متانة السلاسل على الشد:

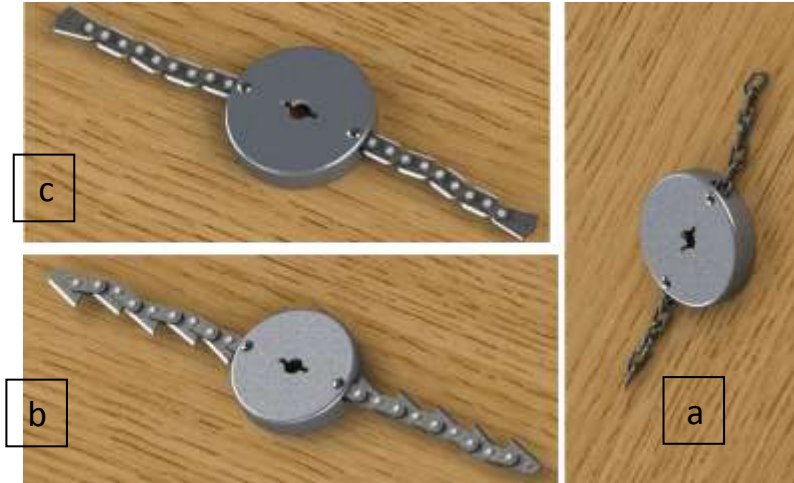
تم تشكيل جميع السلاسل ليتم اختبارها على الشد. تعد كل من قوة الشد العظمى وقوة الشد المسموح بها هما العاملان الأهم في تحديد مقاومة السلسلة ومتانتها [9]، أُجري اختبار الشد على جميع أنواع السلاسل المدروسة باستخدام جهاز اختبار الشد من نوع (Ibertest. Spain) الموجود في مخبر كلية الهندسة التقنية بطرطوس، بدأ الاختبار بعد تثبيت العينات، الشكل (2)، بحيث تؤثر القوة على كامل طول السلسلة بشكل متساو. تم زيادة قوة الشد المطبقة بشكل خطي بدءاً من الصفر بمعدل انفعال (2mm/min)، حتى الوصول لنقطة الانهيار التي تتقطع فيها السلسلة. تم تحديد كل من مقاومة الشد القصوى والاستطالة الحاصلة في السلسلة عند نقطة الانهيار.



الشكل (2): اختبار الشد للسلاسل المدروسة

6- اختبار الآلة حقلياً:

بعد تركيب الأسلحة الجديدة، الشكل (3)، على قصاصة النباتات سيتم اختبارها على أربع أنواع من النباتات، تم اختيار القمح والذرة كمحاصيل، الحلفا وحشيشة الفرس كأعشاب ضارة منتشرة بكثرة في الساحل السوري.



الشكل (3): الأسلحة المختبرة. a: السلسلة البسيطة LC، b: السلسلة ذات الشفرات المائلة OB، c: السلسلة ذات الشفرات المستقيمة SB.

6-1 مكان وزمن الاختبار:

أُجريت الاختبارات الحقلية في مركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس- محطة الجماسة الخاصة بأبحاث المحاصيل والوقاية المتمثلة بالإحداثيات التالية 36°019506W، 34°759629N. تحوي بيئة الاختبار على

محاصيل القمح والذرة كما أن البيئة المحيطة للمحطة تحوي العديد حشيشة الفرس والحلفا، الجدول (4) يوضح المواصفات الفيزيائية للسوق النباتية المختبرة. جرت الاختبارات في الفترة الزمنية خلال شهري أيار وحزيران.

الجدول(4): الخصائص الفيزيائية للسوق النباتية المختبرة

النبات	قطر الساق (mm)	مساحة المقطع العرضي (mm ²)	الوزن الرطب (g)	الارتفاع (m)	الرطوبة (wt%)	الكثافة الحقلية (plant/m ²)
القمح	5.25	21.65	1.48	0.7	21	415.7
الذرة	23.16	421.276	852.14	2.4	29	7.5
الحلفا	12.83	129.28	0.76	0.97	72	208.2
حشيشة الفرس	15.16	180.504	690.16	1.32	68	79.3

6-2 طاقة القطع واحتياجات الطاقة:

تحدد قيمة الطاقة الإجمالية (kW) للقطع حسب [10] بالعلاقة التالية:

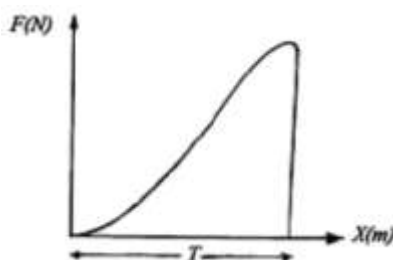
$$P_{wt} = (P_{ks} + E_{sc} V_f) \cdot W_c \quad (3)$$

حيث، P_{wt} : الطاقة الكلية اللازمة (kW). P_{ks} : الطاقة الضائعة (kWm^{-1}) تبعاً لعرض عمل السلاح.

E_{sc} : طاقة القص النوعية (kJm^{-2}). V_f : السرعة الامامية (ms^{-1}). W_c : عرض العمل الفعال (m) و يكون

مساوياً 0.7 من قيمة عرض العمل النظري الكلي.

تزداد قيمة قوة القطع من الصفر في بداية عملية قطع الساق النباتية (احتكاك الشفرة والساق) حتى تبلغ قيمتها العظمى لتتخفف إلى القيمة الصفرية مجدداً عند إتمام القطع. عندما تجتاز الشفرة مسافة مساوية لقطر الساق النباتية، تنتهي عملية القطع الشكل (4)، المساحة تحت المنحنى تعبر عن طاقة القطع الكلية للساق الواحدة [11].



الشكل (4)، مخطط تغير القوة بالنسبة للمسافة المقطوعة للشفرة

يمكن أن تحسب قيمة قوة القطع للساق الواحدة مقدرة بنيوتن حسب الشكل (4) بالعلاقة التالية:

$$F_{max} = \frac{2E_0}{d} \quad (4)$$

حيث، E_0 : طاقة القص المبذولة لكل ساق نباتية () $E_0 = E_{sc}/D_f$ ، حيث: D_f : الكثافة الحقلية (J). d : قطر الساق

النباتية (m).

تحتسب قيمة الطاقة الضائعة (kW) بالعلاقة التالية:

$$P_k = \frac{J w^2}{2} \quad (5)$$

حيث، J : عزم القصور الذاتي (العتالة) (kg.m^2). w : السرعة زاوية (rad/sec).

يتم حساب طاقة القص النوعية E_{sc} وفق [11] من خلال المعادلة التالية:

$$E_{sc} = \frac{V \cdot E_p \cdot Q_t \cdot Q_m}{A} = \frac{(V_f - V_w) \cdot E_p \cdot Q_t \cdot Q_m}{P} \quad (6)$$

حيث، E_{sc} : الطاقة النوعية للمحشرة المبذولة في القص (J/m^2). V_c : حجم الوقود المبذول في القطع (L). E_p : الطاقة النوعية للوقود (J/L). تقدر قيمة الطاقة النوعية للبنزين الصافي 29 MJ/L والطاقة النوعية للزيت المضاف 34.74 MJ/L ، فتكون الطاقة النوعية للوقود المستخدم 29.22 MJ/L . Q_t : الكفاءة الحرارية للمحرك. Q_m : الكفاءة الميكانيكية للآلة. A : المساحة المعرضة للقطع (m^2). P : الانتاجية الساعية (m^2/h).

بحسب حجم الوقود V المبذول في القطع من خلال المعادلة التالية [12]:

$$V = (V_f - V_w) \cdot t \quad (7)$$

حيث، V_f : معدل استهلاك الوقود أثناء العمل (L/h). V_w : معدل استهلاك الوقود بدون عمل (L/h). t : زمن العمل.

(h)

3-3 استهلاك الوقود:

تم تحديد معدل استهلاك الوقود (L/h) لكل من السلاسل الأربعة، وذلك أثناء الدوران الحر أي بدون تركيب أي سلاح وعلى ثلاث سرعات $L=261.79$ ، $M=497.42$ ، $H=811.6 \text{ rad/sec}$. بعد تركيب كل سلاح من الأسلحة المُختبِرة على حده أُجريت عملية المعايرة أثناء دوران الآلة بدون عمل بحيث يكون محور دوران القرص الدوار عمودي على سطح الأرض لمدة 1 ساعة وثلاث مكررات. أربعة أنواع من السوق النباتية خضعت للقطع باستخدام الأسلحة الثلاثة القمح، الذرة، الحلفا وحشيشة الفرس، المساحات المختبرة كانت 100 m^2 لكل نبات وثلاث مكررات. وعلى السرعات L, M, H . بعد إنهاء عملية القطع تم تسجيل زمن العمل وكمية الوقود المصروف أثناء العمل لتحديد معدل الاستهلاك (L/h)، كما حددت نوعية القطع لكل سرعة. أُجريت عملية القطع بسرعة أمامية تقديرية $0.7-1.1 \text{ m/s}$ وهي المسافة التي تقطعها الآلة عند تحريكها من اليمين إلى اليسار أثناء القطع [13] وبحيث يدور القرص بشكل موازي لأرض الحقل.

النتائج والمناقشة:

1 نتائج الاختبارات الميكانيكية للعينات الفولاذية:

توضح نتائج الاختبارات الميكانيكية للعينات الفولاذية AISI321 و AISI1030 قبل المعاملات الحرارية وبعدها بالجدول (5)، زادت مقاومة الشد للعينات B مع انخفاض المطيلية نتيجة لصغر حجم حبيبات الفريت العالية اللدونة، وزيادة مقاومة الصدم نتيجة إزالة الانفعالات الداخلية ووجود الفريت والبرليت بشكل حبيبات ناعمة [14]. أدت عملية التبريد في الماء إلى زيادة مقاومة الشد القصوى بحدود (26%) مع انخفاض في الإستطالة الكلية، بسبب تشكل المارتنزيت نتيجة التبريد السريع من الطور الأوستيني و عدم المرور بنقطة بداية التحول. هذه الزيادة في المتانة حصلت نتيجة توزع الكرييدات بشكل أكثر كثافة ضمن الشبكة الفريتيّة بدون حدوث تجمعات مستقلة عن بعضها (برليت-فريت) كما هو الحال في العينات بدون تقسية. [15]. اعتماداً على نتائج الاختبارات الميكانيكية ستشكل شفرات القطع من العينات B بسبب مقاومتها العالية للصدم ومتانتها وقساوتها العاليتان، وعناصر ربط الشفرات من العينات C بسبب المتانة الأكبر مما يزيد من مقاومة السلسلة للانقطاع، من ناحية أخرى نجد ان الفولاذ AISI321 يتمتع بمقاومة صدم

عالية كما أن خواص المتانة والقساوة مناسبان للاستخدام في صناعة السلاسل البسيطة (LC)؛ وذلك بسبب وجود العناصر السبائكية كالكروم والنيكل التي تمنح الفولاذ خصائص ميكانيكية عالية.

الجدول (5): نتائج الاختبارات الميكانيكية للعينات الفولاذية AISI1030 و AISI321.

العينة	مقاومة الشد [MPa]	الاستطالة الأعظمية [%]	مقاومة الصدم [J/cm ²]	القساوة VHN
AISI321	581±8.65	32.3±1.6	121.6±3.14	176±1.9
A	674±4.65	28.4±1.06	78.5±2.75	223±8.42
B	723.9±2.36	18.1±0.13	92.87±2.13	267.2±6.1
C	852.3±8.52	24.2±0.24	50.45±3.31	571.1±5.22

2- نتائج اختبار السلاسل على الشد:

أظهرت نتائج الشد، الجدول (5)، للسلاسل الأربعة قيم متقاربة لكل من LC-2، SB و OB في حين بلغت للسلسلة LC-15.5KN بسبب الأبعاد الصغيرة مقارنة مع باقي السلاسل مترافقة مع استطالة أعظمية كبيرة حتى 4.5mm. بشكل عام، تعتبر نتائج الشد جيدة لجميع السلاسل بحيث تكون قادرة على تحمل الإجهادات المختلفة أثناء العمل بدون انقطاع.

الجدول (5): نتائج قوى الشد العظمى للسلاسل المدروسة.

رمز السلسلة	أقصى قوة شد (KN)	الاستطالة الأعظمية (mm)
LC-1	5.5	4.5
LC-2	8.45	5.2
OB	8.05	0.58
SB	8.15	0.7

3- استهلاك الوقود وعزم العطالة:

تبين نتائج المعايير الجدول (6)، التي جرت على الآلة المستخدمة تباين بمعدل استهلاك الوقود، زادت قيم معدلات الاستهلاك بزيادة السرعة حتى (85-35%) عند السرعة الأعظمية مقارنة بالسرعة المنخفضة للدوران. أكبر قيم استهلاك كانت للسلسلة LC-2 بسبب الوزن الأكبر مقارنة بباقي السلاسل. بينت نتائج العطالة، الجدول (7) أكبر قيمة للسلسلة LC-2. بالرغم من أن السلاسل SB و OB أخف بكثير من LC-2 إلا أن قيم العطالة كانت أكبر كون شكل عناصر السلسلة تتمتع بالقيمة الأكبر لعزم القصور الذاتي بسبب أنصاف قطر الدوران الأكبر.

الجدول(6): معدلات استهلاك الوقود.

الاستهلاك بوجود السلاح L/h			الاستهلاك بدون سلاح L/h			نوع السلاح
L	M	H	L	M	H	
1.445	1.184	0.787	1.221	1.025	0.626	LC-1
1.467	1.221	0.863				LC-2
1.577	1.41	1.031				SB
1.512	1.397	1.104				OB

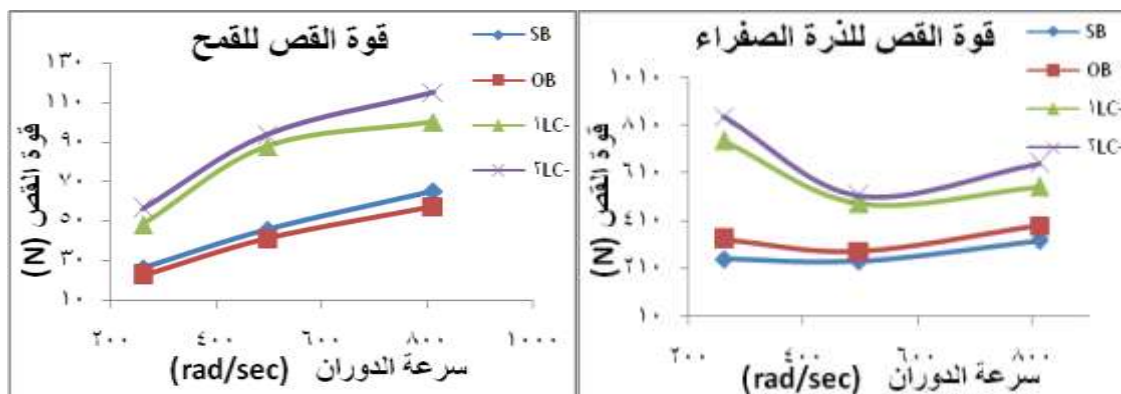
الجدول (7): عزوم العطالة لجميع السلاسل المستخدمة

عزم العطالة kg.mm ²	الوزن Kg (سلسلتين متقابلتين + قرص دوار مركزي)	نوع السلسلة
1013.11	0.225	OB
1059.558	0.234	SB
287.841	0.175	LC-1
599.16	0.205	LC-2

4قوى القص واحتياجات الطاقة:

4-1- قوة القص لكل من القمح والذرة:

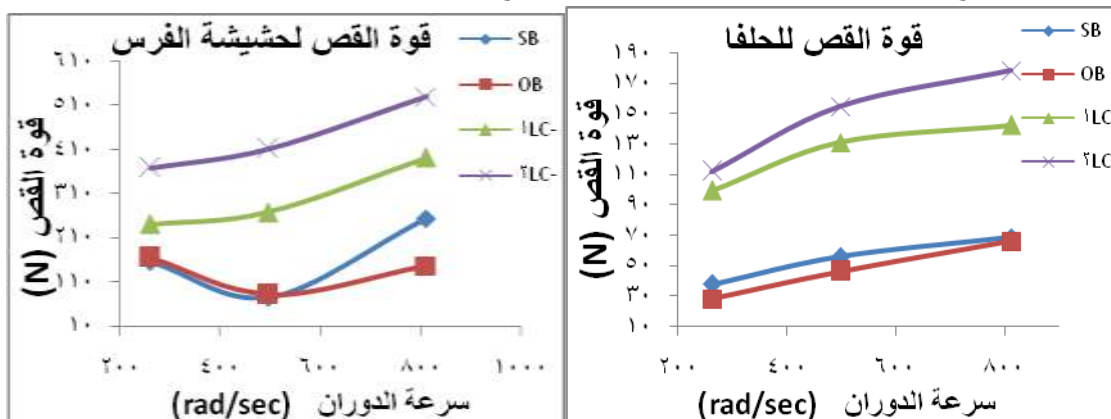
تبين نتائج قوى القص المستنتجة من المعادلة (4) لكل من محصولي الذرة الصفراء و القمح بالشكل (4). بالنسبة للقمح، يلاحظ أن قوة القطع تزداد بزيادة سرعة القطع وهذا يوافق ما ذكر في المرجع رقم [16]، كانت القيم متقاربة بالنسبة للسلاسل SB و OB حيث زادت قوة القطع بشكل خطي مع زيادة سرعة الدوران، أدنى قيمة لقوة القطع ظهرت عند استخدام السرعات المنخفضة بحيث كانت 22.7N، 26.2N لكل من OB و SB، على التوالي في حين زادت هذه القوة بشكل كبير (تقريباً الضعف) عند استخدام سلاسل النمط LC على نفس السرعة. كان القطع نظيفاً والحواف المقطوعة بدت ناعمة وملساء وزادت نعومتها عند القطع على سرعات متوسطة و عالية عند استخدام السلاسل SB و OB. أبدى الذرة سلوكاً مختلفاً حيث ظهر أدنى قيم لقوى القص عند استخدام السرعة المتوسطة للقطع، أقل قوة قطع ظهرت عند استخدام السلسلة SB بقيمة 242N، زادت جودة القطع بزيادة سرعة الدوران، كانت نواتج القطع مشوهة عند استخدام السلاسل LC وذلك بسبب غياب الحواف الفاطعة واعتماده على قوة الصدم مما أدى إلى قوة قطع أكبر.



الشكل(4): قوى القص للسلاسل المستخدمة لمحصولي الذرة والقمح. كل نقطة بيانات هي متوسط ثلاث قراءات حقلية

4-2- قوة القص لكل من الحلفا وحشيشة الفرس:

أظهرت النتائج الموضحة بالشكل (5) سلوكاً متبايناً لقوى القص في قطع حشيشة الفرس حيث تراوحت بين (76-82N) عند استخدام السلاسل SB و OB عند السرعة المتوسطة في حين زادت بشكل كبير عند استخدام السلاسل LC ويشكل خطي تقريباً، يفسر هذا الانخفاض في قوة القمع عند السرعات المتوسطة أنه عند السرعات القليلة احتاجت الآلة إلى وقت ومعدل استخدام وقود أكبر وبالتالي قوة أكبر لقطع السوق النباتية بسبب انخفاض سرعة حركة الشفرات القاطعة، حيث احتاجت إلى عدد ضربات أكبر من قبل الشفرة لقطع الساق النباتية ثم يظهر الانخفاض في قوة القمع على السرعات المتوسطة مما يدل على بلوغ حدود السرعة الحرجة للقطع مما أعطى احتياج وقود وزمن قطع أقل، تفسر الزيادة الكبيرة في قوة القمع بعد زيادة سرعة الدوران عن السرعة الحرجة بزيادة مصروف الوقود وإعطاء المزيد من قوة الدفع في تفريق الأجزاء المقطوعة [17]. زادت قوى القمع بشكل خطي مع سرعة الدوران مما يدل أن سرعة القمع الحرجة للحلفا أقل بكثير من أدنى سرعة قطع للآلة المستخدمة.

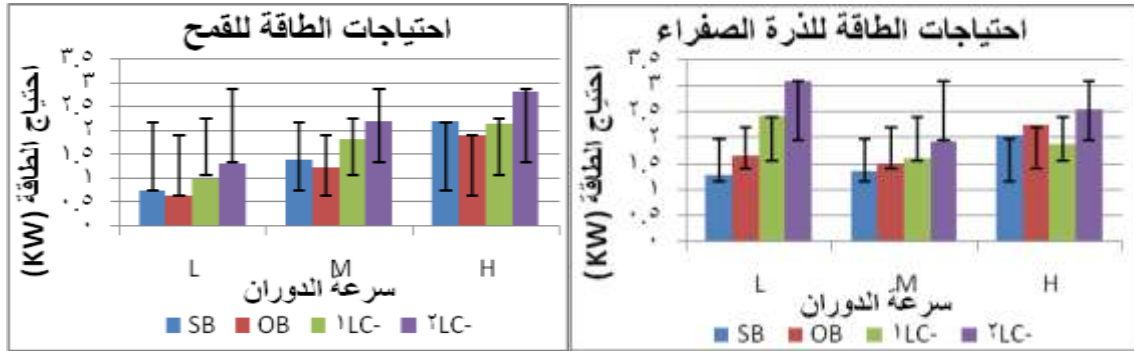


الشكل(5): قوى القص للسلاسل المستخدمة لحشيشة الفرس والحلفا. كل نقطة بيانات هي متوسط ثلاث قراءات حقلية

4-3 احتياجات الطاقة للسلاسل:

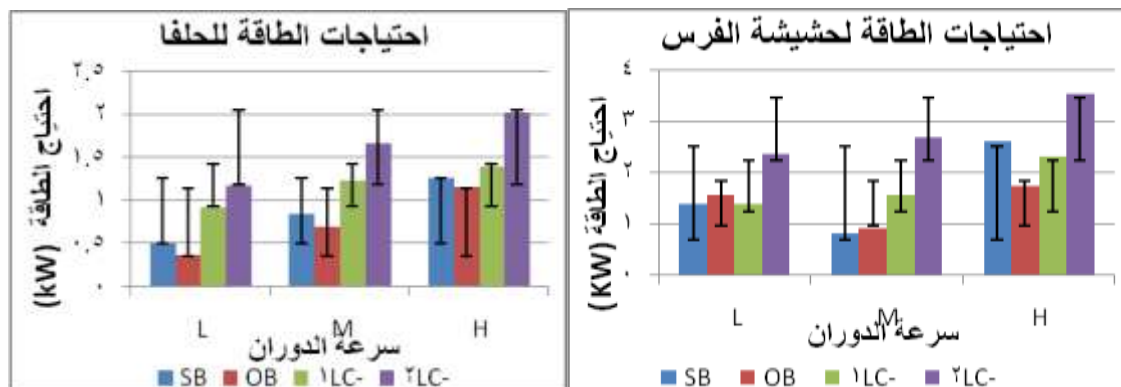
يوضح الشكل (6) الطاقة اللازم توفرها لقطع سوق القمح بمرور واحد، زادت الاستطاعة مع سرعة القمع نتيجة زيادة استهلاك الوقود وقيم الطاقة المفقودة، وذلك يفسر بزيادة سرعة القمع عن السرعة الحرجة لقطع القمح والتي تبلغ 20m/sec حسب [18]، في حين أن متطلبات الطاقة تتخفف بزيادة سرعة القمع بشكل كبير عن السرعة الحرجة

حسب [19]. كانت القيم اللازمة للاستطاعة بالنسبة للسلاسل LC مقبولة على الرغم من عدم وجود حافة قاطعة حادة إلا أن السرعة الكبيرة كان لها الدور الأكبر في عملية القطع بغض النظر عن حدة نصل الشفرة. عند مقارنة احتياجات الطاقة للسلاسل (OB,SB) نجد أنها أقل من احتياجات الطاقة اللازمة توفرها في قصاصة النباتات عند استخدام قرص معدني بقطر [20] 24cm، حيث بلغت 1.132kW على الرغم من استخدامها في قطع ساق الأرز الذي يحتاج إلى طاقة قطع أقل من القمح حسب [21]. أما بالنسبة للذرة الصفراء عند مقارنة نتائج السلاسل SB و OB نلاحظ عدم وجود تغير كبير في احتياجات الطاقة عند زيادة السرعة من المنخفضة إلى المتوسطة، لكن تحسنت معها جودة القطع إلى حد كبير وزادت جودة القطع بزيادة السرعة إلى العليا، زاد احتياج الطاقة لسلاسل النمط LC عند السرعات المنخفضة لكن انخفض ذلك مع زيادة السرعة إلى المتوسطة مع ارتفاع بسيط مجدداً عند استخدام السرعات العالية للدوران، أبدى سلوك الذرة الصفراء سلوكاً مشابهاً للذرة الحلوة حيث انخفضت قيم الطاقة من 6 إلى 2.3kJ/m عند زيادة السرعة من 20 إلى [22] 60 m/s.



الشكل (6): احتياجات الطاقة للسلاسل عند قطع ساق القمح والذرة الصفراء. كل شريط بيانات يمثل متوسط ثلاث قراءات حقلية

تظهر احتياجات الطاقة، الشكل (7)، لحشيشة الفرس انخفاضاً كبيراً في احتياجات الطاقة عند استخدام السرعات المتوسطة للآلة للسلاسل SB و OB. تراوحت قيم الطاقة بين 0.8kW للسلاسل SB و 0.9 للسلاسل OB. بالنسبة للسلاسل LC أبدت زيادة في قيمة الطاقة مع زيادة السرعة حيث بلغت أدنى القيم عند السرعات المنخفضة وبكفاءة قطع أقل 1.37 - 2.34kW للسلسلتين LC-1 و LC-2، على التوالي. يفسر هذا السلوك لاحتياجات الطاقة لحشيشة الفرس نتيجة لتركيبة ساق النبات؛ حيث تتصف بالمرونة فعلى السرعات المنخفضة تتحني ساق النبات لتبدي مقاومة عالية للقص فلا تكون طاقة الصدم كافية لإحداث القطع في الساق النباتية لحشيشة الفرس، أما عند السرعات العالية للدوران فإن جزء من الطاقة ينتقل إلى الأجزاء المقطوعة، بالتالي الطاقة المصروفة تكون أكبر من الطاقة التي يحتاجها النبات للقطع. انخفضت الانتاجية بشكل كبير للسلاسل LC مقارنة بالسلاسل SB و OB. عند مقارنة نتائج احتياجات الطاقة للحلفا مع بقية النباتات نجد أنه الأقل احتياجاً. بجميع الأحوال، وبالنسبة لنبات الحلفا زادت قيم الطاقة بزيادة سرعة الدوران، يفسر ذلك أن أدنى سرعة للدوران تم العمل بها كانت أكبر من السرعة الحرجة لقطع ساق الحلفا عند استخدام نظام (RCS)؛ بالتالي فإن الطاقة بدأت بالضياع في أجهزة نقل الحركة والمقاومات التي تبديها الأرض وغيرها من مقاومات العمل كلما زدنا سرعة الدوران فوق هذه السرعة.



الشكل(6): احتياجات الطاقة للسلاسل عند قطع حشيشة الفرس و الحلفا. كل شريط بيانات يمثل متوسط ثلاث قراءات حقلية

الاستنتاجات والتوصيات:

بناءً على ما سبق يمكن استخلاص مجموعة من النقاط أهمها:

- عند حصاد نبات القمح يفضل استخدام السلسلة ذات الشفرات المائلة على سرعات الدوران المنخفضة وباستخدام سرعة أرجحة تقريبية للحشاشة بمقدار 1m/s لضمان تحقيق أدنى احتياج للطاقة الأمر الذي يسمح باستخدام الآلات ذات الاستطاعات المنخفضة، كما يمكن استخدام سلاسل النمط SB لنفس الغرض.
- يفضل زيادة سرعة الدوران عند حصاد محصول القمح باستخدام السلاسل LC حتى حدود سرعة دوران 2500rpm أو أكثر باستطاعة آلة لا تقل عن 1.8kW. قطع ساق الذرة باستخدام سرعات دوران تتراوح بين (4000-5500)rpm عند استخدام السلاسل SB و OB، بسرعة أمامية 0.8m/s لضمان الحصول على جودة قطع مقبولة واحتياجات طاقة أقل ولا يفضل استخدام السلاسل LC بسبب الحصول على نتائج قص مشوهة وارتفاع متطلبات الطاقة وانخفاض الانتاجية ووجود صعوبة أكبر أثناء عملية القطع من قبل العامل الزراعي.
- يمكن استخدام جميع أنواع السلاسل للتخلص من الحشيشة الفضية وبسرعة أمامية 0.9m/s للسلاسل SB وباستطاعة آلة تتراوح بين 0.6-0.9kW، وسرعة أمامية 1m/s للسلاسل OB باستطاعة تتراوح بين 0.9-1.16kW على سرعات دوران متوسطة لكلا السلاحين، كما يمكن استخدام السلاسل LC-1 بسرعة أمامية 0.8m/s باستطاعة لا تقل عن 1.54kW. يمكن القضاء على نبات الحلفا باستخدام جميع السلاسل وكفاءة عالية وبمتطلبات طاقة منخفضة وعلى سرعات دوران منخفضة أيضاً وباستطاعة 1kW على الأقل.
- أظهرت النتائج أن الشفرات المستقيمة احتاجت قوى قص أقل لقطع السوق التخينة (الذرة وحشيشة الفرس) في حين أظهرت الشفرات المائلة قوى قص أقل لقطع ساق القمح والحلفا)، كما أن عدم وجود حواف قاطعة أدى إلى زيادة القوة اللازمة لقطع جميع السوق النباتية ومتطلبات طاقة أكبر بسبب الاعتماد على الصدم فقط بدون التقطيع.
- تم أخذ فكرة أكثر وضوحاً عن السلوك الميكانيكي للنباتات القصبية (الذرة- حشيشة الفرس) عند استخدام السرعات العالية للقطع. إمكانية قطع السوق النباتية الرقيقة بشكل عام عند استخدام الآلة على سرعات منخفضة (27m/s) أو أكثر قليلاً باعتبار أن سرعة القطع الحرجة تم تحديدها بين (25-30m/s) حسب المرجع [23].
- كلما زادت سرعة الدوران كلما تم الحصول على نواتج قطع متشابهة وذات حواف ناعمة بالنسبة للسلاسل ذات الشفرات. عند الرغبة بزيادة قيم الانتاجية (المساحة المشغولة خلال وحدة الزمن) يمكن زيادة السرعة الأمامية للآلة مع زيادة سرعة الدوران لكن ذلك سيتطلب احتياجات طاقة أكبر من قبل الآلة المستخدمة.

- إجراء قياسات دورية لطول السلاسل المستخدمة واستبدالها في حالة تجاوز قيمة الزيادة في الطول 1.5mm للسلاسل SB و OB وإعداد مساطر عيارية لهذا الغرض بهدف التحقق من الأطوال بشكل دوري.
- كانت جميع السلاسل المختبرة في هذه الدراسة قابلة للاستخدام على قصاصة النباتات المحمولة سواء لإجراء عملية المكافحة الميكانيكية للتخلص من بعض الأعشاب الضارة الثخينة والعالية الكثافة (الحلفا وحشيشة الفرس)، أو لاستخدامها كمعدة محمولة لحصد بعض النباتات الحولية التي يمكن أن تزرع على مساحات ضيقة (كالأرز، الشعير والقمح) كبديل عنالبوليميري، أو عن القرص المعدني الذي يتصف بإنتاجية قليلة ويحتاج إلى متطلبات طاقة أكبر وعدم قدرته على مناورة العوائق الموجودة في الحقل.
- تم تسجيل مجموعة من المقترحات والنقاط يمكن تلخيصها كما يلي:
- إعداد دراسات مستقبلية عن تأثير سرعات القطع وزاوية ميلان الشفرات وزاوية حد الشفرة على كل من قوة القطع ومتطلبات الطاقة ولأنواع مختلفة من السوق النباتية.
- إعداد المزيد من الدراسات حول إمكانية تطبيق هذا النوع من الأسلحة وخاصة السلاسل SB و OB في الآلات الكبيرة الذاتية الحركة عوضاً عن المحشحات الطبلية أو القرصية المستخدمة في حش الأعلاف العالية الكثافة.
- إعداد المزيد من الدراسات حول أنواع المعادن المستخدمة وإجراء مقارنات حول عدة أنواع من الفولاذ و تأثير المعاملات الحرارية المختلفة على قوة ومتانة السلاسل للحصول على سلاسل بعمر أطول ووزن أخف.
- إعداد المزيد من الأبحاث في مجال دمج الحافة الداعمة لشفرات القطع في نظام القطع الشريطي مع نظام القطع الدوار . و إجراء دراسات مخبرية لتحديد قوى القص وطاقة القص عن طريق الفقد في القوة المحركة لنفس السلاسل ومقارنتها مع نتائج الدراسة الحقلية.

المراجع:

1. SHINNERS, K. J; BINVERSIE, B. N. *Whole-plant corn harvesting for biomass: comparison of single-pass and multiple-pass harvest systems*. ASAE Paper U.S.A, N°.036089, 2003, 348-361.
2. MAJUMDAR, M; DUTTA, R. K. *Impact cutting energy of paddy and wheat by a pendulum type dynamic test*. Journal of AgricEng Res Italy, Vol. 4, N°. 19, 1982, 258-264.
3. LIU, Q; ZHANG, Q; MATHANKER S. K; HANSEN A. C. *Biomechanical properties of Miscanthusstems*. ASABE U.S.A, Vol. 55, N°. 4, 2012, 1125-1131.
4. IGATHINATHANE, C; WOMAC, A. R; SOKHANSANJ, S. *Corn stalk orientation effect on mechanical cutting*. BiosystEngIndia. Vol.107, N°. 2, 2010, 97-106.
5. PERSSON, S. *Development of a rotary counter shear mower*. Trans ASAE U.S.A. Vol. 36, N°.6, 1993, 1517-1523.
6. TABATABAEE, K. R. *Measuring the static and dynamic cutting force of stems for Iranian rice varieties*. J AgricSci Tech U.S.A, Vol. 2,N°. 8, 2006, 193-198.
7. KUMAR, M; GUPTA, R. C. *Abrasive wear characteristic of carbon and low alloy steel for better performance of farm implements*. J.Mater. Sci. TechnolIndia. Vol. 11, 1995, 91-96.
8. BREITHAUPT, J. *New Understanding Physics for Advanced Level*. 4ed, Nelson Thomas publisher UK, 2000, 64.
9. ASKELAND, D. R; PHULE, P.P. *The science and engineering of materials* . 4thEd,Thomson Brook UK, 2003, 314.

10. SRIVASTAVA, A. K; GOERING, C.E. *Hay and harvesting, In: Engineering principles of agricultural machines*. ASABE textbook U.S.A. 2ndedn, 2006, 601-612.
11. PERSSON, S. *Mechanics of cutting plant material*. N^o 7288, American Society of Agriculture U.S.A. 1987, 288.
12. JOKINIEMI, T; ROSSNER, H; AHOKAS, J. *Simple and cost effective method for fuel consumption measurements of agricultural machinery*. Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue Estonia. N^o. 1, 2012, 97-107.
13. TANAKA Co. *general handbook for user of Tanaka weed-eater TBC-340PF Grass Trimmer / Brush Cutter*. U.S.A. 2009, 17.
14. NDALIMAN, M. B. *Assessment of Mechanical Properties of Medium Carbon Steel under Different Quenching Media*. Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology Minna Nigeria , AU J.T. Vol. 10,N^o. 2, 2006. 100-104
15. SENTHILKUMAR, T; AJIBOYE, T. K. *Effect of heat treatment processes on the mechanical properties of medium carbon steel*. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering U.S.A, Vol. 11,N^o. 2,2012, 143-52.
16. HOSEINZADEH, B; ESEHAGHBEYGI, A; RAGHAMI, N. *Effect of Moisture Content, Bevel Angle and Cutting Speed on Shearing Energy of Three Wheat Varieties*. World Applied Sciences Journal U.SA, Vol. 7, N^o. 9, 2009, 1120-1123.
17. YILJEP, Y. D; MOHAMMED, U.S. *Effect of knife velocity on cutting energy and efficiency during impact cutting of sorghum stalk*. Agricultural Engineering International: the CIGRE Journal. Zaria- Nigeria, Vol. VII, Manuscript PM 05 004, 2005, 1044-1054.
18. MCRANDAL, D. M; MCNULTY, P. B. *Impact Cutting Behavior of Forage Crops .1. Mathematical-Models and Laboratory Tests*. Journal of Agricultural Engineering Research Italy, vol. 23, N^o. (3),1978a, 313-328.
19. ŠARAUSKIS¹, E; MASILIONYTĖ¹, L; ANDRIUŠIS, A; JAKŠTAS, A. *The force needed for breaking and cutting of winter wheat and spring barley straw*. Zemdirbyste-Agriculture Re Lithuania, vol. 100, N^o. 3, 2013, 269–276
20. BANEH, N. M; NAVID, H. M; ALIZADEH, R; GHASEM ZADEH, H. R. *Design and Development of a Cutting Head for Portable Reaper Used in Rice Harvesting Operations*. Journal of Applied Biological Sciences, Vol. 6, N^o. 3, 2012, 69-75.
21. CHANDIO, F. A; TAGAR, A. A; CHANGYING, J; MARI, I. A. *Comparison of mechanical properties of wheat and rice straw influenced by loading rates*. African Journal of Biotechnology Nigeria, Vol. 12, N^o10, 2013, 1068-1077
<http://www.academicjournals.org/AJB>
22. CHATTOPADHYAY, P; PANDEY, K. *Impact Cutting behavior of sorghum stalks using a flailcutter - a mathematical model and its experimental verification*. Journal of Agricultural Engineering Research Italy, Vol 78, N^o4, 2001, 369-376.
23. TUCK, C. R; O'DOHERTY, M. J; BAKER, D. E; GALE, G. E. *Laboratory studies of the performance characteristics of mowing mechanisms*, J AgricEng Res Italy, Vol. 50, 1991, 61-80.