

チェーン型さとうきび脱葉機に関する基礎的研究

阿部正俊・小島 新・宮部芳照・柏木純孝

(農業機械第一研究室)

昭和58年8月10日 受理

Fundamental Studies on the Tether Typed Leaf-Stripping-Machine for Sugar Cane

Masatoshi ABE, Shin KOJIMA, Yoshiteru MIYABE
and Sumitaka KASHIWAGI

(Laboratory of Agricultural Machinery I)

緒 言

さとうきびは、鹿児島県南西諸島および沖縄県の基幹作物で、さとうきびの増反は、両県の農業振興上、非常に重要なことである。

しかし、さとうきび栽培には、刈取・脱葉・搬出作業に全栽培労力の60%内外を必要とする上に⁴⁾、その作業は、エネルギー代謝率(E・M・R)7.5~8.3の労働強度をもつので⁵⁾、昨今の労働力の量的不足と質的低下のために、さとうきびの増反を阻む大きな要因となっている。それで、これらの作業の省力化、機械化が、この十数年来、はかられてきているが、そのうち脱葉作業の機械化のための脱葉機構の一つとして、脱葉チェーンによる方式が著者らによって開発され^{1,2)}、現在、農機研式中型さとうきびハーベスタの脱葉部としても使用されている³⁾。この脱葉チェーンによる脱葉機構は、構造が簡単で耐久性もあるが、脱葉チェーンの打撃による、さとうきびの精茎の損傷が一つの問題点となる。そこで、脱葉チェーンの打撃の際の力の大きさを計測するとともに、その打撃の力、脱葉チェーンの種類、さとうきびの硬度などの要因が、さとうきびの損傷におよぼす影響について調査した。

脱葉チェーンの打撃の力

1. 実験装置と実験方法

Fig. 1 に実験装置を示す。直径25mmの主軸①に、65mmの間隔をおいて副軸②を取りつけ、その副軸の中央部に脱葉チェーン③を取りつける(この取り付け方は、実際に脱葉機として脱葉チェーンを使用する場合にシミュレートさせたものである)。脱葉チェーンは、デスタンスピースを介して副軸に取りつけ、軸方

向に移動しないようにし、その着脱は副軸を取りはずして行う。

主軸①は変速モータ④によりVベルトを経て回転させられ、軸端に貼布した反射紙と光電式回転計で、その回転数を測定する。

脱葉チェーンの打撃の力を比較するため、長さ350mm、幅32.1mm、厚さ9mmの軟鋼鉄板の一端をコンクリート土台⑤に固定して長さ250mmの片持梁⑥とし、その自由端を脱葉チェーンの先端で打撃を加える。そして、軟鋼鉄板の自由端より180mmの位置の鉄板の両面に接着した歪ゲージ⑦から、増幅器⑧、デジタルメモリ⑨を経て、シンクロスコープ⑩で、打撃の際の最大の歪を読みとり、先に、この鉄板の自由端に静荷重を加えて求めておいた歪-荷重曲線より、その最大歪に相当する荷重を、脱葉チェーンの打撃の力とする。

なお、脱葉チェーンは、その先端15mmが軟鋼鉄板にあたるようにし、また、測定前に脱葉チェーンが鉄板を打撃しないように、鉄板の上方にゴム板をかざし、測定時のみこれを除き、脱葉チェーンの定常回転の際の1回の打撃のみの歪を得るようにする。

供試した脱葉チェーンは、A, B, C, Dの4種類で、それらの線径、全長、全重量をTable 1に、形態をFig. 2に示す。

実験に使用した測定機の諸元は次のとおりである。

光電式回転計：横河電機製、2607型

歪ゲージ：新興通信製、ES108型

増幅器：横河電機製、3458型

デジタルメモリ：岩崎通信製、DM-301型

シンクロスコープ：日立製、V117型

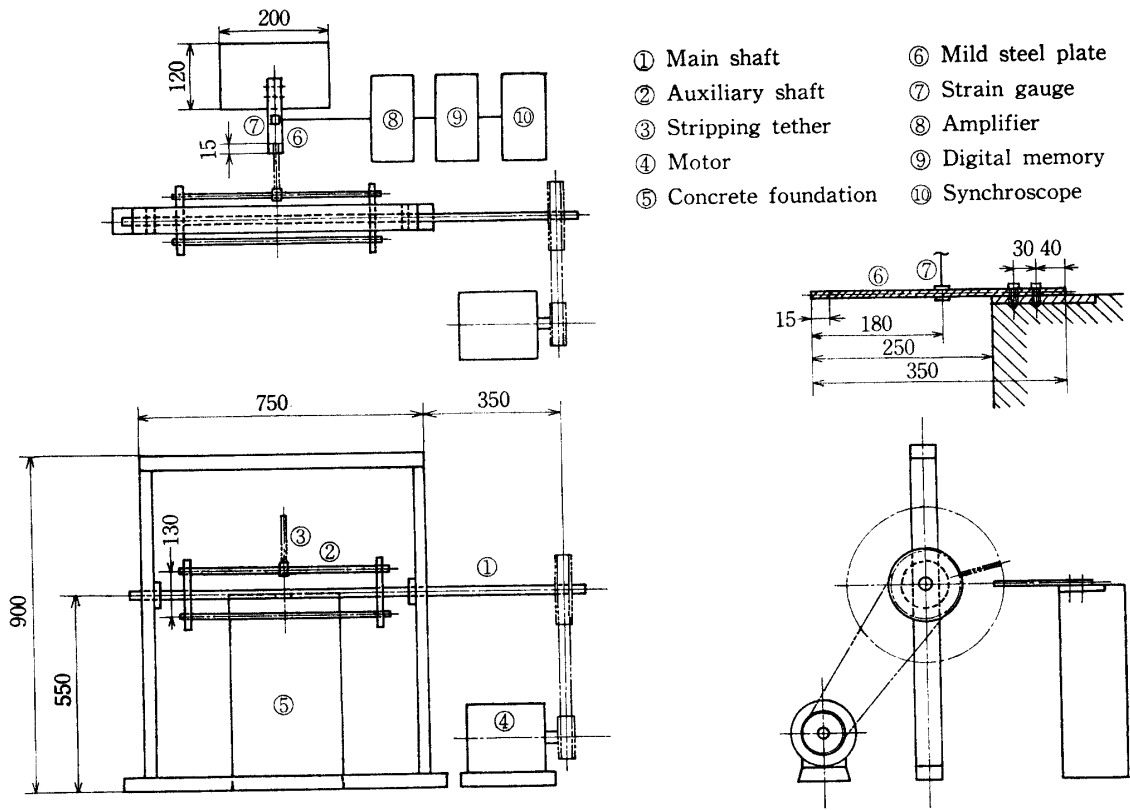


Fig. 1. Apparatus for measuring the striking force of the stripping tether.

Table 1. Stripping tether

Name of tether	Dia. of wire (mm)	Total length (mm)	Total weight (g)
A	5.8	190	111.0
B	5.2	212	93.5
C	4.4	184	54.0
D	3.7	190	39.0

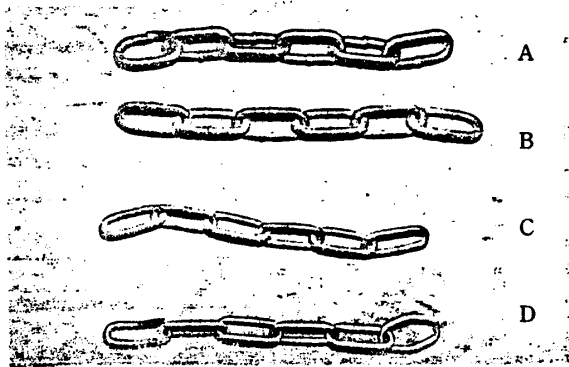


Fig. 2. Stripping tether.

2. 実験結果と考察

脱葉チェーンの種類別による、脱葉チェーンの回転

数と打撃の力の関係を Table 2 に示す。脱葉チェーンの回転数と打撃の力は、だいたい直線関係にあって、回転数 250-500 rpm の範囲内で、A チェーンは 9.5-19.0 kg, B チェーンは 7.7-16.8 kg, C チェーンは 5.6-13.0 kg, D チェーンは 4.8-11.7 kg である。

ちなみに、脱葉チェーンの各リンクの質量が、それぞれのリンクの重心に集中しているものと考え、その質量と各リンクの重心の周速度から求めた運動エネルギーの総和を、その脱葉チェーンの運動エネルギーと考えると、その値は Table 3 に示すとおりとなり、この運動エネルギーと打撃の力との関係を求めると Fig. 3 に示すようになる。これから、脱葉チェーンの運動エネルギーと脱葉チェーンの打撃の力とは、脱葉チェーンの種類にかかわらず、だいたい一定の関係を示し、打

Table 2. Relation between the striking force and the revolution of the stripping tether

Stripping tether	A						B					
	Revolution (rpm)	250	300	350	400	450	500	250	300	350	400	450
Striking force (kg)	9.5	11.1	12.4	14.8	16.8	19.1	7.7	9.4	10.9	13.6	15.8	16.8
Stripping tether	C						D					
	Revolution (rpm)	250	300	350	400	450	500	250	300	350	400	450
Striking force (kg)	5.6	7.6	8.6	9.9	11.9	13.0	4.8	6.3	7.8	8.6	10.8	11.7

Table 3. Kinetic energy of the stripping tether (g·cm)

Revolution (rpm) Stripping tether	250	300	350	400	450	500
A	89	128	174	228	287	335
B	76	108	147	192	243	290
C	43	62	84	110	140	172
D	33	47	64	88	106	131

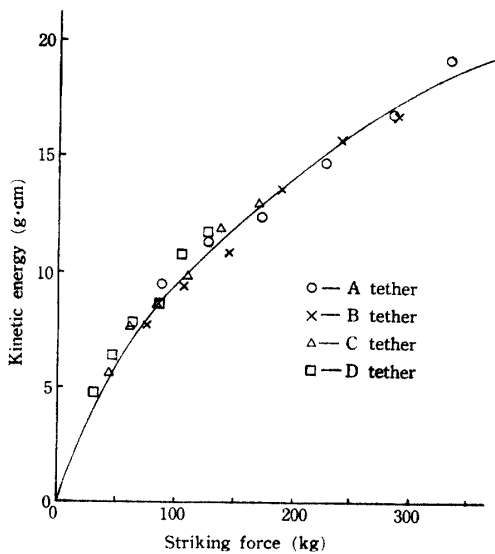


Fig. 3. Relation between the striking force and the kinetic energy of the stripping tether.

撃の力を x kg, 運動エネルギーを y g·cm とすると

$$x = 0.671y^{0.676}$$

となる。

これにより、脱葉チェーンの形態、回転数がわかると、だいたいの打撃の力が推測できる。

脱葉チェーンの打撃によるさとうきびの損傷

1. 実験装置と実験方法

脱葉チェーンの打撃の力を測定するために使用した

Fig. 1 に示す実験装置のうち、コンクリート土台⑤と軟鋼鉄板⑥を除き、その位置に Fig. 4 に示すさとうきび受台をおいて、その上に供試さとうきびを載せ、その節間中央部を脱葉チェーンの先端、約 15mm で打撃を与え、さとうきびの損傷の程度を測定する。

さとうきびの損傷の程度をあらわすために、ここでは新しく“損傷度”を用いる。

“損傷度” = 直径 3mm の鋼製プランジャを速度 50 mm/min で貫入させた時の最大抵抗値の逆数

と定義し、この最大抵抗値の測定には、Fig. 5 に示すように、万能引張試験機を用い、その移動クロスヘッド①にロードセル②を取りつけ、それにつけられた上記のプランジャ③で、台上に固定した供試さとうきび④に貫入させ、その時の抵抗をロードセルを経て X-Y 記録計⑤に記録し、その最大値を最大抵抗値とする。

そして、さとうきびの表皮が破壊され、蔗汁が空気と触れる状態となる傷、すなわち、指で損傷部を押すと蔗汁が出る程度の傷のさとうきびを損傷きびとし、これを“損傷度”であらわすと、予備実験により“損傷度” 0.83 程度となるので、“損傷度” 0.83 を境界値として、それ以上の値を示すものを損傷きびとする。

なお、さとうきびの“損傷度”に影響するさとうきび側の要因として、蔗径と硬度が考えられるが、予備実験により、収穫時期に製糖工場に搬入される蔗径の範囲では、蔗径の影響はほとんど無いと考えられたので、ここでは硬度のみを考慮する。

Table 5. Relation between "Damage-degree" and the striking force of the sugar cane

Hardness of the sugar cane	Stripping tether								
	A			B			C		
	Striking force (Rev. of stripping tether)								
	11.1 kg (300 rpm)	14.8 kg (400 rpm)	19.1 kg (500 rpm)	9.4 kg (300 rpm)	13.6 kg (400 rpm)	16.8 kg (500 rpm)	7.6 kg (300 rpm)	9.9 kg (400 rpm)	13.0 kg (500 rpm)
Hard. I	1.22	1.47	1.98	1.34	1.57	1.67	1.09	1.30	1.50
Hard. II	0.95	1.06	1.33	1.10	1.20	1.32	0.88	0.96	1.27
Hard. III	0.87	0.92	1.10	0.92	1.11	1.26	0.77	0.86	0.95
Hard. IV	0.75	0.83	0.92	0.81	0.89	1.08	0.59	0.74	0.85
Hard. V	0.59	0.78	0.81	0.67	0.75	0.89	0.52	0.65	0.84
Hard. VI	0.45	0.60	0.67	0.49	0.65	0.72	0.47	0.48	0.68

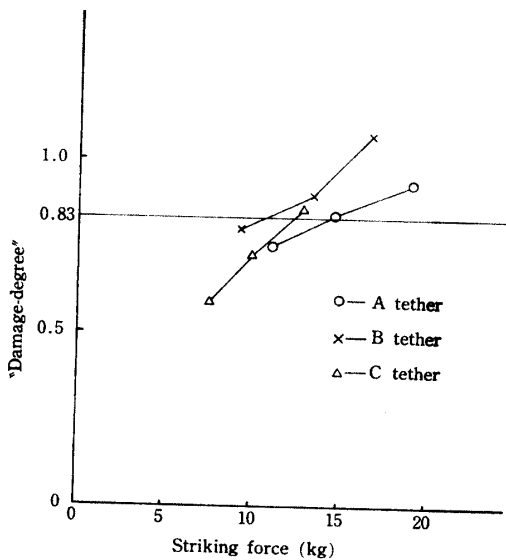


Fig. 6. Relation between "Damage-degree" and the kind of the stripping tether.

I-II のさとうきびは損傷をうけ、硬度 III のさとうきびは打撃の力 9.5 kg、硬度 IV のさとうきびは打撃の力 13 kg を境として、それ以上の力では損傷をうけ、それ以下の力では損傷をうけず、硬度 V-VI のさとうきびは損傷をうけない。

つぎに、脱葉チェーンの種類が、さとうきびの損傷におよぼす影響をみるために、上述の計測値から、一例として硬度 IV のさとうきびに対して、脱葉チェーンの種類と、さとうきびの“損傷度”との関係を Fig. 6 に示す。

硬度 IV のさとうきびが損傷をうける打撃の力は、A チェーンで 15 kg、B チェーンで 11 kg、C チェーンで 13 kg で、脱葉チェーンの種類によって異なる。これは、打撃を与えるチェーンの線径、チェーンリンクの曲率半径など、チェーンの形態によるものである。

また、さとうきびの硬度が、さとうきびの損傷におよぼす影響をみるために、前項と同じように、一例として A チェーンで打撃を与えた場合の、さとうきび硬度と、さとうきびの“損傷度”との関係を Fig. 7 に示す。

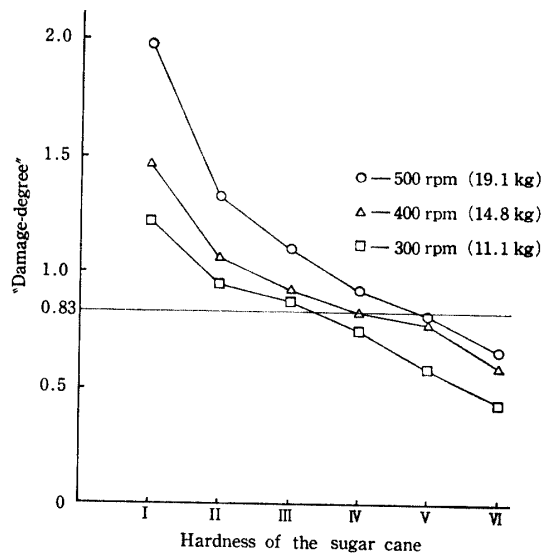


Fig. 7. Relation between "Damage-degree" and the hardness of the sugar cane.

さとうきびの硬度は、さとうきびの損傷と深い関係にあり、さとうきび硬度が減少すると急激に“損傷度”が増加し、さとうきびの損傷の大きな要因となる。

(2) さとうきびに損傷を与える要因と“損傷度”との関係

さとうきびに損傷を与える要因である、脱葉チェーンの種類、脱葉チェーンの回転数、さとうきび硬度の 3 要因と“損傷度”との関係を Table 5 を基として分散分析して、F-検定を行うと⁵⁾、脱葉チェーンの種類、

脱葉チェーンの回転数、さとうきび硬度のFの値は、それぞれ、15.66, 50.31, 101.19で1%水準で有意差があり、また、それぞれの要因の寄与率を計算すると⁷⁾、脱葉チェーンの種類 3.85%、脱葉チェーンの回転数 12.46%、さとうきび硬度 60.77%で、さとうきび硬度が、他の要因と比較してさとうきびの“損傷度”に与える影響が大きい。

要 約

さとうきび脱葉機構の一つである脱葉チェーンの基礎特性として、脱葉チェーンの打撃の際の力の大きさを計測するとともに、その打撃の力、脱葉チェーンの種類、さとうきび硬度などの要因が、さとうきびの損傷におよぼす影響について調査した。

1. 脱葉チェーンの打撃の力は、Table 2 に示すとおりで、脱葉チェーンの回転数に比例する。

脱葉チェーンの打撃の力を x kg, 運動エネルギーを y g·cm とすると、脱葉チェーンの種類にかかわらず、だいたい一定の関係を示し

$$x = 0.671y^{0.575}$$

となる。したがって脱葉チェーンの形態、回転数がわかると、だいたいの打撃の力が推測できる。

2. さとうきびの損傷の程度をあらわす尺度として、新しく“損傷度”を設け、“損傷度”0.83以上を損傷きびとした。

脱葉チェーン A, B, C を使用した際の、脱葉チャー

ンの回転数すなわち打撃の力と、さとうきびの“損傷度”との関係を Table 5 に示す。さとうきびの“損傷度”は、脱葉チェーンの種類、脱葉チェーンの回転数すなわち打撃の力、さとうきび硬度の影響を受け、これら3要因の“損傷度”におよぼす寄与率は、脱葉チェーンの種類 3.85%、脱葉チェーンの回転数すなわち打撃の力 12.46%、さとうきび硬度 60.77%で、さとうきび硬度が他の二つの要因に比較して“損傷度”に与える影響が大きい。

謝辞 本研究を行うにあたり、実験に協力していただいた、本学学生麻生和郎君に謝意をあらわす。

文 献

- 1) 阿部正俊・宮部芳照：脱葉機開発研究事業。昭和43年度甘味資源振興会年報，42-53 (1969)
- 2) 阿部正俊・小島 新・宮部芳照：さとうきび脱葉機構の開発に関する研究。鹿大農学術報告，No. 29, 217-224 (1979)
- 3) 後藤英明：切断式中型甘蔗収穫機の開発。農機研ニユース，No. 3, 7 (1980)
- 4) 甘味資源振興会：さとうきび収穫機械開発実験報告書，5-10 (1965)
- 5) 三上 操：応用推計学，p.130-134，内田老鶴圃，東京 (1959)
- 6) 宮部芳照・阿部正俊・小島 新：さとうきび収穫調製作業の労働強度および作業能率について。農作業研究，No. 33, 43-47 (1978)
- 7) 田口玄一：新版実験計画法上，p.120，丸善，東京 (1975)

Summary

In stripping the sugar cane of its leaf, an experimental measurement was made on the striking force of the stripping tether, with an investigation of the relationship between "Damage-degree" and the striking force of the stripping tether.

1. As shown in Table 2, the striking force of the stripping tether is noted to be in right proportion to the revolutionary time of the stripping tether. The relationship between the striking force and the kinetic energy of the stripping tether is noted to be approximately constant, and is shown as follows:

$$x = 0.671 y^{0.575}$$

where
x: the striking force (kg)
y: the kinetic energy (g·cm)

This formula enables us to assume the striking force of the stripping tether, with the shape and revolutionary time of the tether, given.

2. For fixing the 'sugar-cane-damage-extent', a definition was given to "Damage-degree", and the sugar cane whose "Damage-degree" was beyond 0.83 was fixed as the damaged one.

The relationship between "Damage-degree" and the revolutionary time, *i.e.* the striking force of the stripping tether A, B, and C is shown in Table 5.

"Damage-degree" is noted to be influenced by the shape of the stripping tether, the revolutionary time, *i.e.* the striking force of the stripping tether, and the hardness of the sugar cane.

Concerning the effects of these three factors on to "Damage-degree", the determination coefficient of the stripping-tether-shape is fixed to be 3.85%, that of the revolutionary time, *i.e.* the striking force of the stripping tether, 12.46%, and that of the sugar-cane-hardness, 60.77%, respectively.

By this it is shown that "Damage degree" is to be influenced by far by the sugar-cane-hardness.