

# 甘蔗脱葉機の開発に関する基礎的研究

## I. 甘蔗の引張抵抗について

宮部 芳照・阿部 正俊

(昭和50年8月30日 受理)

### Fundamental Studies on the Development of a Leaf-Stripping-Machine for Sugarcane

#### 1. On the Pulling-Force of a Leaf-Detachment

Yoshiteru MIYABE and Masatoshi ABE

(Laboratory of Agricultural Machinery I)

#### 緒 言

従来、さとうきびに関する研究は原料価値を判断する手段としてのいわゆる化学的特性に関するものは多いが、脱葉機構の開発に直接必要なさとうきびの力学的特性についての研究はみられない。蔗茎から蔗葉を離す、いわゆるさとうきびの脱葉は引張、せん断、衝撃、圧縮などの力、およびこれらの組合わされた力の作用によって行われると考えられる。そこで筆者らは、蔗葉の引張抵抗、蔗茎の貫入抵抗、蔗茎の抗折抵抗、蔗茎の切断抵抗、蔗茎の圧砕抵抗、蔗茎の衝撃抵抗についてそれぞれ測定を行ったが、ここではまず、

さとうきびの脱葉に大きな影響を与えると思われる、蔗葉の引張抵抗の測定結果について報告する。本研究にあたり、材料の供与を頂いた薩南製糖株式会社、および実験遂行上、多くの協力を受けた農業機械学第一研究室の各位に感謝の意を表す。

#### 材料および方法

##### 1) 供試材料

供試材料は Table 1 のとおりである。さとうきびは、ほぼ平均的な生育状態を示す株を選び、その株中、最長きび、あるいはそれに準ずるきびを地際から刈取った。また、測定中の水分の蒸散を防ぐために、

Table 1. Experimental material.

Variety	N: Co, 310	Moisture content of cane (wet base) (%)	Top	74.2
Growing district	Makurazaki		Mid.	72.8
Planting date	Mar. 1971		Root	71.3
No. of harvesting times	3	Moisture content of leaf (wet base) (%)	Top	75.7
Harvesting date	Nov. 1974		Mid.	41.5
Planting distance (cm)	30		Root	7.2
Row spacing width (cm)	120	Brix (%)	Top	17
Plant height (cm)	350		Mid.	18
Plant weight (g)	880		Root	19
Mature cane length (cm)	172	Diameter of cane (cm)	Top	2.0
Mature cane weight (g)	678		Mid.	2.6
No. green leaves (leaf/stem)	11		Root	3.1
Yield (ton/10ares)	8.5	Node distance (cm)	Top	11.6
			Mid.	13.0
			Root	18.8
		Leaf length (cm)	Top	30.5
			Mid.	31.5
			Root	32.3
		Leaf width (cm)	Top	7.4
			Mid.	6.9
			Root	7.0

Values are means of 30 sampling canes.

測定中はビニールで包んで暗所におくようにした。

## 2) 測定装置

新興通信工業株式会社製万能引張圧縮試験機 TOM/200 D 型（接着型抵抗線歪計応用の高精度ロードセル LT/50 K 容量 50 kg, 精度フルスケールの  $\pm 0.5\%$  使用）と, AS 14 型 X-Y 記録計を用いた。引張圧縮試験機は Fig. 1 に示すように抵抗線歪計を組込んだロードセル, 試験片を固定する上部つかみと下部つかみ, 荷重をかけるクロスヘッドからなっている。引張抵抗は抵抗線歪計で測定され, 直ちに記録計に自記される。

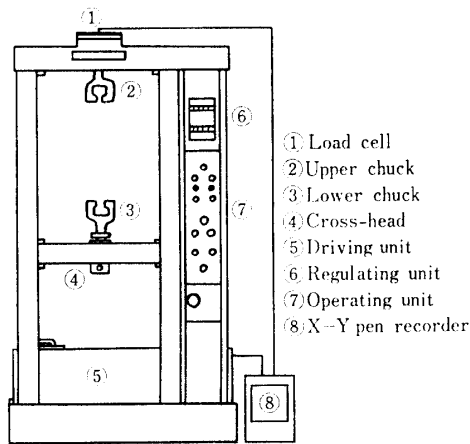


Fig. 1. Measuring apparatus of pulling-force.

## 3) 測定項目

最大引張抵抗値, 平均引張抵抗値, 引張強さ, 引張エネルギーについて測定した。引張抵抗値は蔗葉を蔗茎から離すのに要する荷重で示し, 測定葉位 8 位, 12 位, 16 位についてそれぞれ 100 個づつ, a) 蔗葉を蔗茎に対して  $45^\circ$  方向に引張る場合, b) 蔗葉を蔗茎に対して  $90^\circ$  方向に引張る場合, c) 蔗葉を蔗茎に対して  $135^\circ$  方向に引張る場合について測定を行った。なお引張強さは平均引張抵抗値を破断面積で除した値である。

## 4) 測定方法

### 4-1) 試験片

採取したさとうきびの展開葉を上から 1 葉ごとに順次数えて, それを第 1 葉位, 第 2 葉位, 第 3 葉位…と名付けた。測定葉位は第 8 葉位, 第 12 葉位, 第 16 葉位の正常葉を用いた。試験片は測定葉位を残してその両側の節間中央部を切断して作った。

### 4-2) 試験機への取り付け

試験片の試験機への取り付けは Fig. 2 に示すように蔗葉の引張方向がそれぞれ  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  になるよ

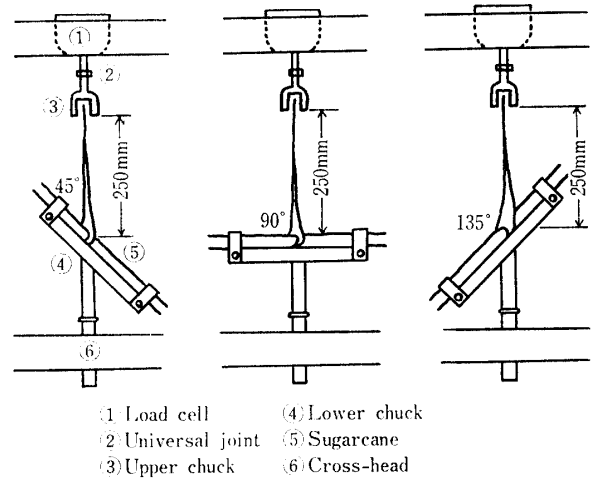


Fig. 2. Setting method of test piece.

うにして, 下部チャックに取り付け, 上部, 下部チャックの間隔は, 250 mm とした。

### 4-3) 引張抵抗値の測定

試験片を試験機に取り付け, 引張時に試験片に衝撃がかからないように引張速度は, できるだけ低速の  $50 \text{ mm/min}$  で荷重をかけ, 離葉時の引張荷重を自記させた。

### 4-4) 破断面積の測定

破断された蔗葉の葉幅と葉厚さをノギスとマイクロメータで測定し, 破断面積を算出した。

### 4-5) 引張エネルギーの測定

X-Y 記録計の記録紙上に, 引張荷重と引張り長さを記録させ, その面積をプランメータで測定し, 算出した。

## 結果および考察

1) 最大引張抵抗値, 平均引張抵抗値, 引張強さおよび引張エネルギーの度数分布

測定値は, かなりの偏差があるので 100 回の測定値の度数分布を求め, その平均値, 標準偏差をもとにして考察した。(なお各々の度数分布について K. Pearson の式を用いて正規分布の検定を行ったが, 最大引張抵抗値では引張角度  $45^\circ$ , 引張葉位 12 位の場合と  $90^\circ$ -16 位の場合, 平均引張抵抗値では  $90^\circ$ -8 位の場合, 引張強さでは  $45^\circ$ -12 位,  $90^\circ$ -12 位,  $90^\circ$ -16 位および  $135^\circ$ -16 位の場合が 1% 水準で, その他は 5% 水準で正規分布をなすことを確かめた。) つぎに最大引張抵抗値, 平均引張抵抗値, 引張強さ, 引張エネルギーの引張角度  $90^\circ$  の場合の各測定葉位についての度数分布図と引張角度  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  の場合の 8 葉位についての平均引張抵抗値の度数分布図を Fig.

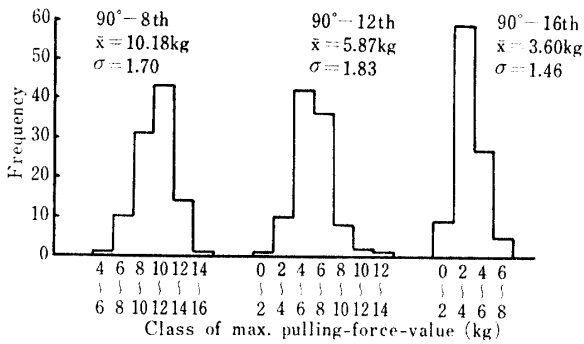


Fig. 3. Histogram of max. pulling-force-value (n = 100).

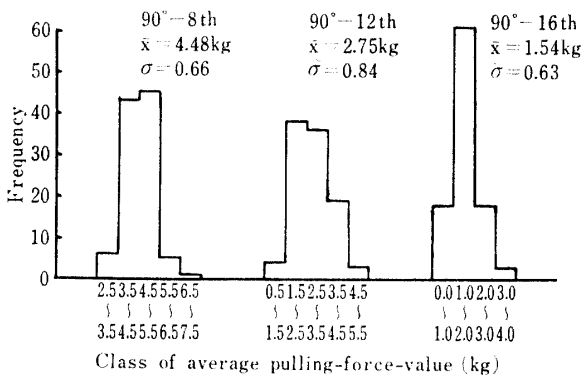


Fig. 4. Histogram of average-force-value (n = 100).

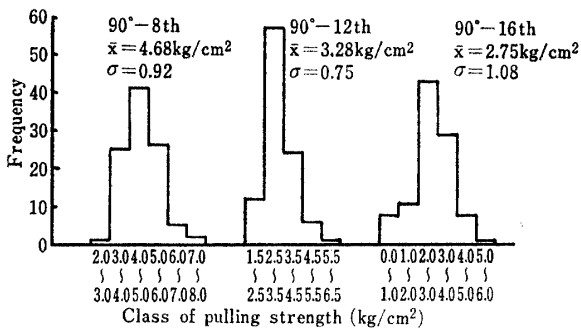


Fig. 5. Histogram of pulling strength (n = 100).

3, 4, 5, 6, 7 に示したが、この中で引張エネルギーの値が一番大きなちらばりの度合いを示す傾向にあり、これは引張角度 45°, 135° の場合も同じ傾向にある。また、その他のいずれの測定値も引張角度が大きくなるにつれて、その測定値のちらばりの度合いは小さくなる傾向を示している。

2) 最大引張抵抗値, 平均引張抵抗値, 引張強さおよび引張エネルギーの引張角度と引張葉位との関係

引張角度 45°, 90°, 135° および引張葉位 8 位, 12 位, 16 位におけるそれぞれの測定値の結果を図示すると Fig. 8, 9, 10, 11 のようになる。これらの結

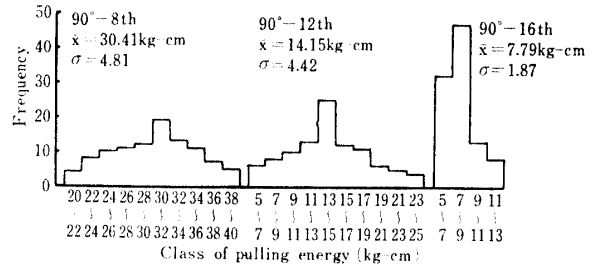


Fig. 6. Histogram of pulling energy (n = 100).

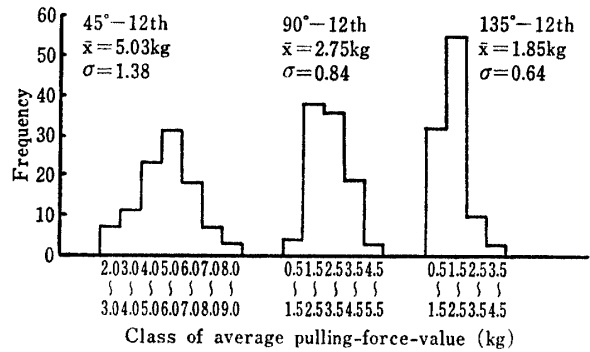


Fig. 7. Histogram of average pulling-force-value (n = 100).

果から引張角度 45°, 90°, 135° とともに引張葉位が下位になるにしたがって最大および平均引張抵抗値, 引張強さおよび引張エネルギーは減少する傾向にある。このことは葉位が下位になるにしたがって蔗葉の枯死化が進み、葉鞘部が蔗茎から離れやすくなっていること

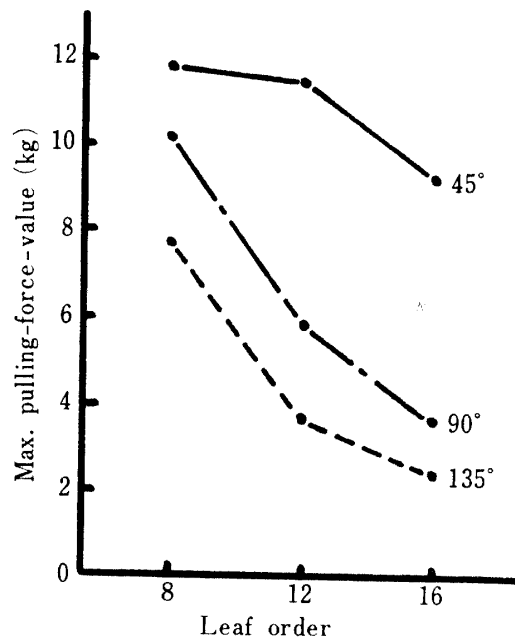


Fig. 8. Relation between max. pulling-force-value and leaf order from apex.

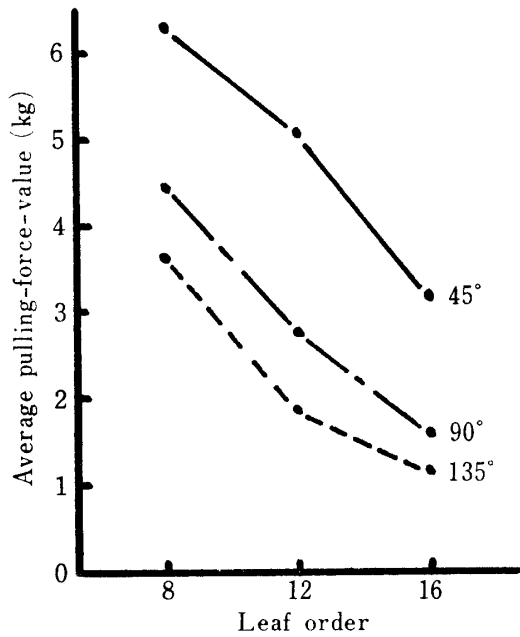


Fig. 9. Relation between average pulling-force-value and leaf order from apex.

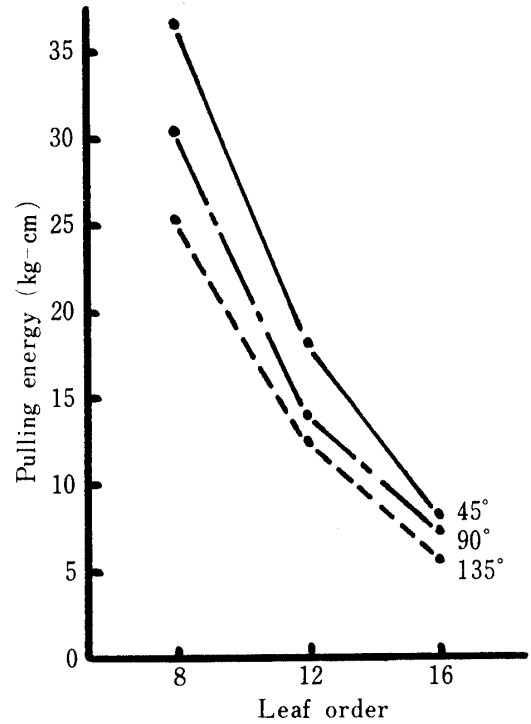


Fig. 11. Relation between pulling-energy and leaf order from apex.

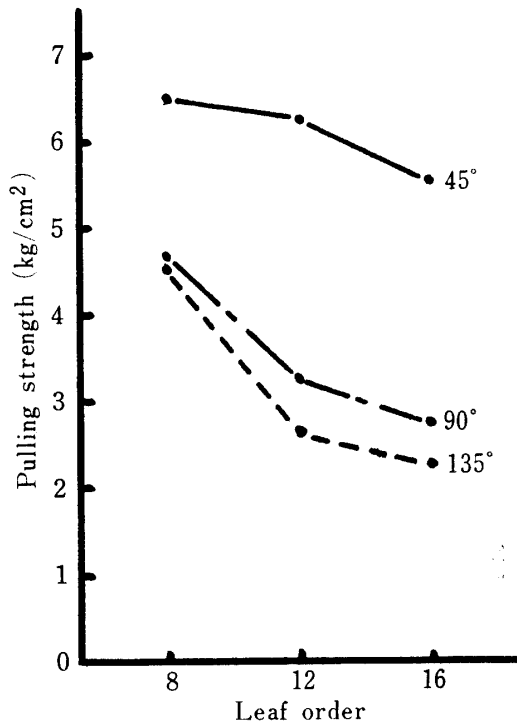


Fig. 10. Relation between pulling-strength and leaf order from apex.

を示している。また、引張葉位 8 位、12 位、16 位ともに引張角度が 45°、90°、135° と大きくなるにしたがって最大および平均引張抵抗値、引張強さ、引張エネルギーともに減少する傾向にある。このことは引張角度が大きくなると、離葉時に引張作用のみならず、は

く離作用が加わって葉鞘部が蔗茎から離れやすくなり引張抵抗が減少するものと考えられる。つぎに葉位と平均引張抵抗値との間の相関関係をみると各引張角度ともに両者の間にかなり密接な相関関係があることがわかる。例えば Table 2 の相関表によって引張角度 45° の場合の葉位と平均引張抵抗値との間の相関比を計算すると  $r = 0.723$  となる。また引張角度と平均引張抵抗値との間の相関関係も各葉位ともに両者の間にかなり密接な相関があり、例えば引張葉位 8 位の場合の引張角度と平均引張抵抗値との間の相関比は  $r = 0.838$  となる。これらのことから蔗葉は葉位が下位

Table 2. Correlation table between leaf order and average pulling-force-value. (pulling angle 45°)

		Leaf order		
		8th	12th	16th
Average pulling-force value (kg)	9~10	2		
	8~9	3	3	
	7~8	13	7	
	6~7	42	18	4
	5~6	35	31	8
	4~5	5	23	13
	3~4		11	28
	2~3		7	22
	1~2			20
	0~1			5

になるにしたがって離葉されやすくなり、また引張角度を大きくすることによっても離葉されやすいということが明確になったわけである。これを Fig. 8 から最大引張抵抗値についてみると、45° 方向に引張った場合、8 葉位では約 12 kg/枚の引張荷重が必要であるのに対し、16 葉位ではその約 3/4 の荷重で離葉する。また、90° および 135° 方向に引張った場合、8 葉位ではそれぞれ約 10 kg/枚、8 kg/枚が離葉に必要であるのに対し、16 葉位ではその約 1/3 の荷重で離葉するということである。また 8 葉位を 135° 方向に引張ると 45° 方向に引張った場合の約 2/3 の荷重で離葉し、また 16 葉位では 135° 方向に引張ると 45° 方向の場合の約 1/4 の荷重で離葉するということがわかる。また Fig. 8, 9 から最大引張抵抗値は平均引張抵抗値の約 2~3 倍の値を示している。これらの引張試験の結果から、脱葉機構について検討してみると引張を主体とした、すなわち蔗葉を直接的に引張って蔗茎から引き離す、いわゆる単純引張脱葉方式の脱葉機構を考えるならば、前述のように引張角度をできるだけ大きくして着葉部に「はく離」に似た力の作用を働かせることが重要である。また脱葉部の引張力は蔗葉の平均引張抵抗値が 8 葉位で、引張角度 45° では 6.33 kg/枚、135° で 3.61 kg/枚であり、また必要引張力の基準を蔗葉の最大引張抵抗値においてみると、8 葉位で引張角度 45° では 11.94 kg/枚、135° では 7.70 kg/枚であるが、設計にあたって、とくに留意すべきは上に示した引張抵抗値は前述のように蔗葉の引張速度を毎分 50 mm で引張った時の値であるということ、またその抵抗値は葉位が梢頭部に近くなるほど、また引張角度が小さくなればなるほど、その値にばらつきが大きくなるので脱葉部の引張能力の決定にはこの点十分配慮する必要がある。さらに引張抵抗値にばらつきが多いということは、引張脱葉に際して離葉力の強いもの、弱いものが混在していることを意味するものであるから、この点からすると単純引張脱葉方式の

みに頼ることはあまり有効ではなく、他方式との併用、たとえば衝撃摩擦方式などとの組合せも考える必要があるのではないかと思われる。

## 要 約

甘蔗脱葉機開発のための基準資料として、蔗葉を蔗茎から引き離す際の蔗葉の引張抵抗特性を検討した。その結果を要約すると次のようである。

1) 蔗葉を蔗茎から引き離す際の平均引張抵抗値は引張角度 45°、引張葉位 8 位で 6.33 kg/枚、標準偏差 0.90 kg/枚、また引張角度 135°、引張葉位 8 位で 3.61 kg/枚、標準偏差 0.71 kg/枚である。

2) 蔗葉を蔗茎から引き離す際の最大引張抵抗値は引張角度 45°、引張葉位 8 位で 11.94 kg/枚、標準偏差 1.94 kg/枚、また引張角度 135°、引張葉位 8 位で 7.70 kg/枚、標準偏差 1.53 kg/枚である。

3) 引張抵抗値は葉位が下位になるほど、また引張角度が大きくなるほど減少する傾向にある。したがって単純引張脱葉方式の脱葉機構を考える場合には引張角度をできるだけ大きくとるようにした方が有利である。

4) 引張抵抗特性から脱葉機構の作用原理を検討すると、蔗茎によって、あるいは一本の蔗茎でも葉位によってかなり引張抵抗値が異なるので、脱葉の作用原理は単一ではなく組合せた方式の方が効果的と思われる。

## 文 献

- 1) 中川健治：三重大学農学術報告，32，55-69 (1965)
- 2) 田原虎治・藍 房和・須藤 允：日蚕雑，36，23-29 (1967)
- 3) 須藤 允・藍 房和・田原虎次：同上，37，323-330 (1968)
- 4) Booster, D. E. and Bullock, R. M.: Trans. of the A. S. A. E., 8, 170-174 (1965)

### Summary

In order to develop a leaf-stripping-machine for sugarcane, we performed the experimental measurement of the pulling-force which removes a leaf from the stem.

As test-instruments were used the tensile tester "Tensilon" and the pen-oscillograph.

The result were as follows:

1) The pulling-force-values, under which a piece of leaf is removed from the stem, were different in accordance with the position of the leaves-order from the apex and with the pulling direction to the stem.

2) The average pulling-force-value of the 8th leaf was  $6.33 \text{ kg/leaf}$  with standard deviation  $0.90 \text{ kg/leaf}$  at 45 degrees-direction to the stem, and was  $3.61 \text{ kg/leaf}$  ( $\sigma = 0.71 \text{ kg/leaf}$ ) at 135 degrees-direction to the stem.

3) The maximum pulling-force-value of the 8th leaf was  $11.94 \text{ kg/leaf}$  ( $\sigma = 1.94 \text{ kg/leaf}$ ) at 45 degrees-direction to the stem and was  $7.70 \text{ kg/leaf}$  ( $\sigma = 1.53 \text{ kg/leaf}$ ) at 135 degrees-direction to the stem.

4) The pulling-force-value was apt to descend when the position of the leaves-order from the apex became lower and the pulling angle was extended to downward along the stem.

5) If a simple pulling-system is applied to the leaf-stripping-mechanism, removing the leaf to downward direction along the stem is assumed to be most effective.

6) Judging from the pulling-force properties of sugarcane leaves mentioned above, we conclude that the removing-mechanism of the leaf-stripping-machine must be composed of more than one force; not only pulling but other valid forces must be put into consideration.