

## サトウキビの繊維率測定における標本量と測定精度

誌名	沖縄県農業試験場研究報告 = Bulletin of the Okinawa Agricultural Experiment Station
ISSN	03877841
著者	出花, 幸之介 宮城, 克浩 小島, 樹彦
巻/号	13号
掲載ページ	p. 21-26
発行年月	1989年11月

## サトウキビの繊維率測定における標本量と測定精度

出花 幸之介<sup>1)</sup>・宮城 克浩<sup>2)</sup>・小島 樹彦<sup>3)\*</sup>

- 1) 作物部さとうきび育種研究室
- 2) 宮古支場作物研究室
- 3) 化学部流通加工研究室

### Sample Size and Accuracy for Estimation of Sugar Cane Fiber Content.

Kounosuke DEGI<sup>1)</sup>, Katsuhiko MIYAGI<sup>2)</sup>, and Tatsuhiko KOJIMA<sup>1)</sup>

- 1) Okinawa Prefectural Agricultural Experiment Station, 4-222, Sakiyama-cho, Naha 903, Japan.
- 2) Miyako branch, Okinawa Prefectural Agricultural Experiment Station, 2701-40, Nishizato, Hirara-shi, 906 Japan.

#### Summary

Sampling size and desired precision (confidence limits as percentage of the true mean) for the determination of cane fiber content using the bag method were estimated basing on the coefficient of variation (C.V.) of sample.

Fiber ratios of bagasses were measured for samples of 50g bagasses obtained from 10 stalks in each of NCo310 and NiF4. The cane stalks were squeezed and quickly chopped chips and mixed enough.

The C.V. of the fiber ratio of bagasses was calculated for each of 50g, 100g... 300g sample size, which was estimated by combinations of 10 samples of 50g bagasses. The C.V. of cane fiber ratio was estimated in 6 stalks which were randomly sampled from each of three blocks of NCo 310 and NiF4 with 3 crop types.

C.V. of fiber ratios of bagasses of NCo310 and NiF4, which was calculated for 50g sample, was 1.1% and 1.8%, respectively. In the case of 100g sample, it was 0.7% and 1.2%, respectively.

The C.V. of cane fiber ratio in each block was ranged from 2.60% to 8.66% and their mean was 5.75%. There was no significant difference in C.V. of cane fiber ratio among 3 crop types and between 2 varieties.

Sampling size (n) and desired precision (P) can be obtained from the following equation:

$$P = t(\alpha, \infty) \cdot C / \sqrt{n},$$

where the term  $t(\alpha, \infty)$  is the t value taken when the level of confidence is  $\alpha$  and the degree of freedom is infinite, and C is the coefficient of variation.

The reasonable sampling size for the determination of fiber ratios of bagasses was 50g or 100g and the desired precision in this sampling size was estimated to be 1.4% or 3.5%, respectively.

A reasonable sampling number of stalks in each of the 3 planting types was 10-15 and desired precision was 5.4% - 1.4%.

緒 言

サトウキビの可製糖率を測定する方法として、ジャワ方式 (Loudon, 1966) や CCS法 (King, 1965) 等があるが、いずれの場合でも繊維率は可製糖率の構成要素として重要である。繊維率が高すぎると、一般に圧搾率が落ち糖分の回収率が下がる。また繊維分はボイラー燃料源でもあるので、繊維率が低すぎても問題となる。堆肥や家畜用飼料、パルプ、活性炭など副産物としても利用されている。ゆえに、品種選抜試験などにおいて繊維分を正確に測ることが求められる。

サトウキビの繊維分の測定法としては油圧プレス法、wet disintegrater法、洗浄乾燥法 (bag method) 等があるが (Gandana, 1979)、国内では洗浄乾燥法が通常用いられている。

本法は、まず蔗茎をテストミルで搾汁し、バガス率を算出する。次にバガスを細かく裁断して一定量を採取し、木綿袋に入れて煮沸、水洗して可溶性固形物を除去し、乾燥してバガス繊維率を測定する。よって、甘蔗繊維率はバガス率×バガス繊維率×100(%) から求められる。

近年、繊維率の測定精度の低いことが問題とされてきた。繊維分の測定方法については調査基準に定められているが、その根拠がはっきりせず、労力不足もあって基準通りに測定されないことも多かった。省力化のためにも、測定法の根拠を統計学的に解明する必要がある。

測定精度の要因として、①バガス繊維率を測定する場合のサンプル量、②一区から採取する茎数、が考えられた。

Matsushima (1967) は、水稻において各形質の変動係数には特有の域値があり、予め変動係数を知ることによって、標本調査時の調査精度や信頼度が調査個体数から予測できることを立証した。永富 (1983) はサトウキビにおいて、主要形質の調査標本数と精度について報告しているが、繊維分については述べられていない。そこで本報告では Matsushima の方法を用いて、繊維分測定における標本量と調査精度について検討した。

本報告をまとめるにあたり、サトウキビ育種研究室島袋正樹室長、蔗作研究室大城正市氏、特にサトウキビ害虫研究室藤崎憲治博士には懇切なる御校閲を頂いた。記して謝辞としたい。

材料と方法

実験 1 標本量とバガス繊維率の測定精度

①春植のNC0310とNiF4を、それぞれ10本ずつテストミル(英国SUMA社製のSUMA型9'x12', 3ロール式)で搾汁してバガス(搾りかす)を得た。これをすぐに牧草用カッター(シコクEC-105を4枚刃に改造したもの)で細かく裁断し、それぞれ十分に攪拌した後、50gずつ10袋の木綿袋に分取した。これらの標本を従来法に依って煮沸、水洗を繰り返した後、100-105°Cで24時間乾燥し、バガス繊維率を求めた。

得られたバガス繊維率をもとにして、標本量50g、100g、150g、……300gの場合の変動係数(C.V.)を求めた。C.V.は50g、10袋の繊維率をもとにして、例えば100gの場合は2袋を組み合わせた45( $10C_2=45$ )の繊維率から、150gの場合は3袋の組み合わせ、として計算した。変動係数(C.V.)=100×標準偏差÷平均値である。

②NC0310、NiF4、F146、F154、F171、F172、KF75-398、IRK67-1の8品種・系統について、それぞれ1品種につき、1区10本ずつ8区から無作為抽出してテストミルで搾汁しすぐに細かく裁断した後、100gずつ2袋分取してバガス繊維率を測定し、1区ごとの変動係数を求めた。

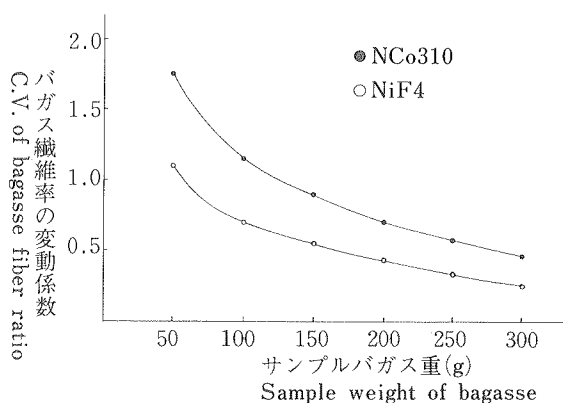
実験 2 標本茎数と甘蔗繊維率の測定精度

春植、夏植、株出の生産力検定試験区から、NC0310とNiF4を1区あたり6本ずつ3反復について無作為抽出し、1本ごとの繊維率の変動を調査した。1本ずつテストミルで搾汁してバガスを得、すぐに牧草用カッターで裁断し充分攪拌した後、100gずつバガスを採取して実験1と同じ方法により繊維率を測定した。

結 果

1. 標本量とバガス繊維率の測定精度

第1図にサンプルバガス重とバガス繊維率の変動係数との関係を示した。2品種におけるサンプルバガス量に対する変動係数は、50gで1.80%と1.15%、100gで1.20%と0.78%であり、その変動係数はたいへん小さく、サンプル量の増加につれて漸減した。



第1図 サンプルバガス重とバガス繊維率の変動係数との関係

Fig.1. Relationship between sample weight of bagasse and coefficient of variation of bagasse fiber ratio.

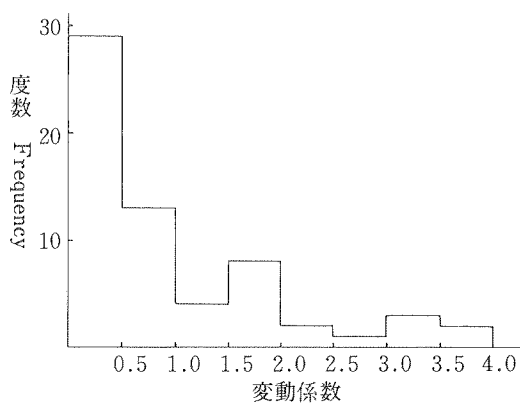
そこで MATSUSHIMA (1967) により、これらの変動係数から調査精度を推定してみた。n を標本数、自由度が無限大で有意水準が  $\alpha$  の場合の t 表の値を  $t(\alpha, \infty)$ 、変動係数を C、精度を P とすると、

$$P = t(\alpha, \infty) \cdot C / \sqrt{n} \dots\dots(1)$$

である。(1)式は変動係数 C の標本を n 個取った場合、有意水準  $\alpha$  で、母集団平均は標本平均値から P% の範囲内にあることを示している。

ここで NCo 310 で 50g の標本を 1 回採取した場合に  $C = 1.80$ 、 $n = 1$  であるが、有意水準を 0.05 とすると  $t(0.05, \infty) = 1.96$  であるので、調査精度  $P = 1.96 \times 1.80 = 3.53\%$  となる。これは標本バガスの繊維率が 0.25 (通常の品系はこれくらいである) の場合に、95% の信頼度で母平均を推定するとしたら、 $0.25 \pm 0.25 \times 0.0353 = 0.241 \sim 0.259\%$  の精度で区間推定できることを意味する。

このことから精度は 50g 採取で十分であると判断されるが、さらに安全を期して、100g の標本採取を 8 品種・系統 64 区に対して行ったところ、品種間に変動係数の有意差がなかったため、品種を込みにして変動係数の度数分布を検討した。第 2 図から全体としてはバガス繊維率の変動係数は小さいが、平均値が 0.91 で、正規分布から大きく左側に歪み右に尾を引く分布図になった。全体の 60% が変動係数 1.0 以下、75% が 2.0 以下であった。時折バガスの攪拌が不十分であったりして、標本抽出精度が落ちたものであろう。



第2図 8品種64区において標本バガスを100g採取した場合のバガス繊維率の変動係数の度数分布

Fig.2. Frequency distribution pattern of C.V. of bagasse fiber ratio from the sample of 100g bagasses in the 64 blocks of 8 varieties.

## 2. 標本茎数と甘蔗繊維率の測定精度

第 1 表に各作型における甘蔗繊維率の変動係数を、第 2 表に甘蔗繊維率の変動係数の分散分析結果を示した。品種間にも、作型間にも、両者の交互作用にも有意差はなかった。また GOMEZ et al. (1984) により、誤差の平均平方から算出した C. V. は 36.8% と比較的大きな値を示し、処理内の分散が大きいことが示唆された。甘蔗繊維率の変動係数は、最大 8.66%、最小 2.60% で平均値が 5.75% であった。

そこでこれらの値を使って、甘蔗繊維率測定における調査茎数と目標精度を算出し第 3 図に示した。この図から、変動係数が高いほど標本推定値の精度が下がることが分かる。つまり、標本の甘蔗繊維率が 15% であった場合、変動係数 8.66 の母集団から 2 茎抽出して、母集団の繊維率を 95% の信頼度で区間推測すると、13.2~16.8% ( $15 \pm 15 \times 0.12$ ) の精度で、変動係数 2.60 の母集団からの抽出の場合は 14.5~15.5% ( $15 \pm 15 \times 0.036$ ) の精度で推定できる。

第1表 各作型における甘蔗繊維率の変動係数

Table1 C. V. of cane fiber ratio from different planting type.

品種 Variety	種 Block	NCo 310				NiF 4			
		1	2	3	$\bar{x}$	1	2	3	$\bar{x}$
春植 Spring plant	え	6.72	5.34	4.37	5.38	6.97	6.13	8.20	7.10
株出 Ratooning	し	3.62	6.48	3.65	4.58	8.25	4.46	2.60	5.10
夏植 Summer plant	え	5.89	6.15	8.66	6.90	3.63	5.85	3.32	4.27

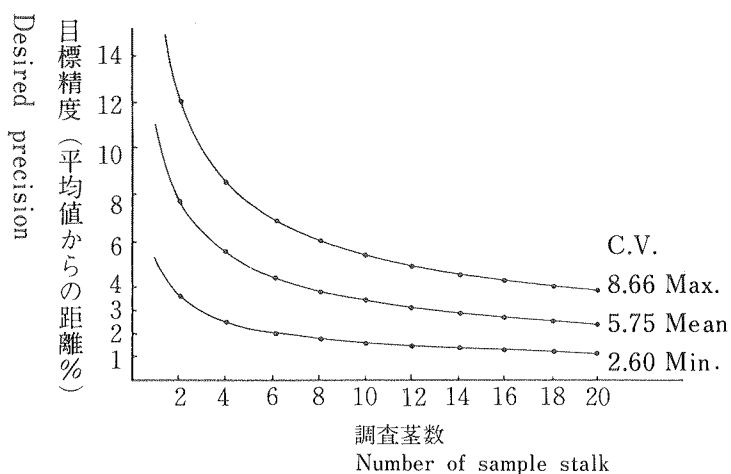
第2表 甘蔗繊維率のC. V. の分散分析表

Table2 Analysis of variance of C. V. of the cane fiber ratio.

	平方和 Sum of square	自由度 Degree of freedom	平均平方 Mean of square	F
品種 (V) Variety	0.396	1	0.396	0.088 N.S.
作型 (P) Planting type	1.767	2	0.883	0.197 N.S.
V × P	0.458	2	0.229	0.051 N.S.
誤差 Error	53.829	12	4.486	
全体 Total	56.450			

a C.V.=36.8%

b N.S.=not significance.



第3図 調査基数と甘蔗繊維率の目標精度との関係( $\alpha=0.05$ )

Fig.3. Relationship between number of sample stalk and desired precision (confidence limits as percentage of the true mean) of cane fiber ratio ( $\alpha=0.05$ )

また調査茎数が少ないところほどその増加に対する目標精度の上昇は大きく、調査茎数が増えると増加に対する目標精度の上昇はゆるやかになる。ゆえに合理的な調査茎数としては、目標精度が容認できる値で、かつ調査茎数の増加に対して目標精度の向上が緩やかである、10~15茎が適当なところであろう。

## 考 察

標本調査により母集団平均を推定する場合、標本の大きさを検討する必要がある。標本変動に対して標本量が少ないと推定値の精度が落ちるが、必要以上に多く取っても精度は上がりず費用がかさむばかりである（スネデカー・コ克蘭、1972）。

主要な作物に付いてはこれらのことを勘案した調査基準が作成されており、サトウキビでは永富（1983）などをもとにした調査基準がある（九州農試など、1982）。しかし繊維率の分析における標本量に付いては、その基準は設定されているものの統計学的裏付けが明らかでなかった。

さとうきび育種研究室をはじめとする各研究室では、蔗汁分析時に繊維率の測定を行なってきた。しかし繊維率の測定誤差が大きい可製糖率を正確に評価するのが難しいとされ、また蔗汁糖度と可製糖率との間に強い正の相関もあることから、蔗汁糖度により品質を評価するだけに留まることが多かった。ところが品質評価が重要視されるようになり、また将来的にはバガスの高付加価値総合利用も考えられるため、繊維率の正確な測定をすることの必要性が高まってきた。

一方では労力の不足もあって、省力ないし省略化もすすんでいるが、それらによる精度の低下を評価することも重要である。

繊維分は、不溶性多糖類の混合物であるため、その定量を厳密に行なうことは難しい（SPENCER, 1973）。また、製糖工場における繊維率とテストミルで測定した繊維率の間で、整合性を確認することも困難である。そこで、ここでは圃場試験において、テストミルで搾汁した後洗浄乾燥法（bag method）で繊維率を測定する場合の標本量と測定精度を検討した。

サトウキビの1茎内における繊維率の変動要因には、茎の上部と下部、茎皮や維管束と髄組織、節部と節間などがある（FERNANDES et al., 1985,

1986）ので、1茎から一部を採取して繊維率を推測するのは困難である。また、テストミルで搾汁した後バガスを細断する適当なカッターがあれば、後はバガス繊維率の測定における標本量と精度を知ることにより、合理的な測定法を決定することができる。

そこでまずバガス繊維率を求めるのに必要なバガス量に付いて検討した結果、50gか100gで充分であると思われた。また本試験においてはカッターで裁断したバガスをたらいに入れて両手でかき混ぜたが、混合の不均一性によると思われる誤差が発生した。均等に混合するためにミキサー等を利用する必要がある。

さらに繊維率の変動要因として、サトウキビの株内では分けつ順位による蔗齡の違いなどから茎ごとの変動が、また環境効果による株間変動も考えられる。またこれらの変動の程度は品種や蔗齡により変化するものと思われた。そこで、NC0310とNiF4の春植、夏植、株出の3作型において、繊維率の茎間変動を調査した。

甘蔗繊維率の茎当りの変動係数には品種間でも作型間でも有意差がないが、これはサトウキビの形質の変動係数の変動が比較的大きく、C. V. で20~40%（永富、1983）であるため、分散分析における誤差が大きくなったためであろう。さらに変動係数の変動が大きいということから、変動係数の平均値の信頼度が比較的低いと言える。

そこで変動係数の分布を見ると2.60%~8.66%の間にあり平均は5.10%であった。永富（1983）は、ブリックスなど蔗汁質に関する形質の変動は小さく、次に茎径など蔗茎の形状に関する形質、最後に収量に関する形質の変動が最も大きいとしている。本試験で測定された繊維分の茎当りの変動係数は、ブリックスの変動係数とほぼ同じであった。

MATSUSHIMA（1967）の方法により、甘蔗繊維率を測定する場合の調査茎数と目標精度について検討する。変動係数の平均値の信頼度が比較的低いことから、ここではC. V. の最高値8.66%を代表値として計算すると、調査茎数が10~15本で目標精度は5~6%となり、この程度の標本数で充分であると判断された。

本試験から、繊維率測定のための標本茎数は10~15本、標本バガス重は50gか100gあればよいことが分かったが、これらの値はサトウキビ調査基

準 (1982) と一致した。ゆえに従来の基準通りに測定することが重要であるが、そのためにはテストミルやバガスカッターを改良するなど効率化を図る必要がある。また低次選抜などで調査茎数が限られる場合には、本試験の結果から測定精度を予測することができる。

## 摘 要

甘蔗繊維率を測定するための洗浄乾燥法(bag method)における標本量と測定精度に付いて検討した。MATSUSHIMA (1967)の方法により、標本の変動係数から標本量と測定精度を検討した。その結果1区から10~15茎を抽出し、压榨裁断したバガスを十分に攪拌してから、50gか100g採取して洗浄乾燥したら良いことが確認された。

## 引用文献

1. FERNANDES, A.C. and BENDA, G.T.A.(1985) Distribution patterns of Brix and fiber in the primary stalk of sugar cane. Sugar Cane. 1985 No.5, 8-13.
2. FERNANDES, A.C. and BENDA, G.T.A.(1986) Sugar storage in sugar cane stalks. Sugar Cane. 1986 No. 2, 10-14.
3. GANDANA, S.G.(1979)Cane fiber-Its significance and methods of determination. Gula Indonesia. Vo1.2(5)77-79.
4. KING, J.N.(1965)Manual of cane growing. 164-170 Angus and Robertson Ltd. Sydney.
5. LOUDON, J. R.(1966) The determination of total sucrose in cane and its distribution among individual suppliers by the Java ratio method. The South African Sugar Journal. Vol. 50(1)53-61.
6. MATSUSHIMA, S.(1967)Crop science in rice Theory of yield determination and its application. PP. 300-306 Fuji Publishing Co, Ltd. Tokyo Japan.
7. 永富成紀・前田浩敬 (1983) さとうきび育種における選抜方法に関する研究、第7報 さとうきび形質の調査標本数と精度、熱帯農業27(2) 114-123。
8. 農林水産省九州農業試験場・沖縄県農業試験場・鹿児島県農業試験場・甘味資源振興会(1982) サトウキビに関する調査基準。
9. スネデカー・コ克蘭 (津村・奥野・畑村訳) (1972) 統計的方法 岩波書店。
10. スペンサー・M (三日会訳) (1973) 甘蔗糖ハンドブック 日本精糖工業会。