さとうきび植付け作業の機械化に関する研究 (2)

—植付け機の開発とその性能について—

宮部芳照*・末吉武志**・嶽崎 顕*・柏木純孝*

Studies on the Mechanization of the Planting Operations for Sugar Cane (2)
- On the Development of a Sugar Cane Planter and the Performances -

Yoshiteru MIYABE*, Takeshi SUEYOSHI**, Akira TAKEZAKI* and Sumitaka KASHIWAGI*

1 緒 言

さとうきびの植付けから収穫調製作業までの機械化一貫作業体系の確立をめざし、最も省力化が遅れている植付け作業 (さとうきび栽培に要する全労働時間の約18%を占める¹⁾)の機械化を図るために、筆者らは植付け機の開発を進めてきた。

前報で、植付け機開発のための基礎研究として2芽苗繰出し機構を開発し、性能を検討した結果、かなり実用性の高い繰出し性能が得られることが判明した²⁾。

そこで本報では、この繰出し機構をもとにトラクタ装着型の全自動式さとうきび2芽苗植付け機を試作し、ほ場実験を行い、植付け性能と繰出しロールの耐久性について検討した。

2 材料および方法

1) 2芽苗植付け機の概要

前報で開発した2芽苗繰出し機構を組込んだ、耕うん、作溝、植付け作業を1工程で行うトラクタ装着型1畦用植付け機(概要、諸元は図1、表1参照)を試作した。繰出しロールの駆動は油圧モータ(定格出力トルク333.4N・m/200rpm)で行い、苗の植付け間隔を決定する送りコンベアの駆動は地輪駆動とした。植付け口高さは作溝底面より30cmとした。植

図1 さとうきび植付け機の概略図

表1 植付け機諸元

全高 (cm)	160
全長 (cm)	185
全幅 (cm)	140
全重 (kg)	153
トラクタ (定格出力35.3kw/2250rpm) に装着	

付け間隔25cm、植付け深さは18~21cmとした。

2) 供試材料およびほ場条件

植付け性能および繰出しロールの耐久性実験に供試した2芽苗の条件は表2、図2に示したとおりで

平成9年3月17日 受理

* 鹿児島大学農学部 〒890 鹿児島市郡元1丁目21-24

* Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890, Japan

** (株)南日本技術コンサルタンツ 〒890 鹿児島市田上3丁目18-20

** Minaminihon Engineering Consultant, 3-18-20 Tagami, Kagoshima 890, Japan

表2 供試材料

	茎径(cm)	重量(g)	切断長(cm)	曲り度(cm)*	芽数	含水率(%)	ブリティクス(%)
平均	2.2	77.9	20.4	0.3	2.0	71.1	21.4
最大植	2.6	99.8	22.7	0.8	3.0	76.5	21.9
最小植	1.9	65.2	18.2	0.0	1.0	64.3	19.2
標準偏差	0.1	9.8	1.3	0.1	0.5	3.2	0.3

品 種 N:Co,310

曲り度* 蔗苗両端の中心を結ぶ線に対する曲がり蔗苗中心線の最大偏位長さ

図2 供試材料

あり、春植え1年株出しの苗である。供試ほ場条件は表3に示した。

3) 実験方法

(1) 植付け性能

前報の実験結果をもとに表4に示した運転条件で植付け性能を検討した。作業速度は約20~60cm/sの範囲にわたり約10cm/sの5段階を設定し、各速度毎に100本についての植付け率、植付け間隔、植付け深さおよび植付け姿勢を3回繰り返し計測した。植付け率は15m間に60本の植付けを100%とした。植付け間隔は隣接した苗の中心部位間の距離とし、植付け深さは植付け溝の地表面から苗の中心部位までの深さとした。また、苗が10cm以上重なって植付けられたものを複数植付け、植付け溝の底面の中心線から振れ幅10~15cmの範囲で植付けられたものを斜め植付けとし、いずれも萌芽に支障がないので正常植えとして植付け率に含めた。植付け精度は今後の参考資料にするため、複数植付け率、斜め植付け率についても記述した。

(2) 繰出しロールの耐久性

前報で示した滑面ロール(直径20cm, 長さ30cm)の耐久性を検討するために、連続繰出し実験を行っ

表3 ほ場条件

供試ほ場 土 性	鹿児島大学附属農場 壤 土				
深 さ (cm)	0	5	10	15	20
含 水 比 (%)	30.6	—	19.3	—	18.8
土壌硬度* (kg/cm ²)	6.0	11.4	13.8	20.4	36.0

* SR-2型土壌抵抗計

表4 植付け機の運転条件

繰出しロール回転数	(rpm)	6~14
周速度	(cm/s)	6~15
間 隙	(cm)	1.6
揺動板揺動回数	(回/min)	60
送りコンベア振動数	(Hz)	4
振 幅	(cm)	0.8
傾斜角	(度)	50

た。ロール回転数は植付け性能実験結果から適当と考えられる作業速度約50cm/s時の12rpm(周速度13cm/s)とし、その他は表4に示した運転条件で実施した。ロールの摩耗量はロール直径をロールの長さ方向3箇所(中心部および両側部)についてそれぞれ2箇所ずつマイクロメータ(1/1000cm)で測定し、原直径に対する摩耗直径の差の割合を摩耗率とした。また、芽の損傷を防ぐために予備実験の結果、弾力性のあるロール材質(ウレタンゴム製、圧縮強さ0.4kgf/cm²)を使用しているが、圧縮強さの経時変化をみるために、ロール表面をプランジャー(直径0.5cm)で圧縮(速度0.08cm/s, ストローク0.5cm)させ、その時の最大圧縮抵抗をロードセル(100gf, 0.5%)で測定した(摩耗量, 圧縮強さの測定位置は図3参照)。測定時間は摩耗量, 圧縮強さ共に50時間毎に5時間毎に、その後は10時間毎に累計200

図3 繰出しロール耐久性の測定位置

図4 植付け作業速度と植付け率の関係

時間測定した。

3 結果および考察

1) 植付け性能

植付け率は植付け作業速度23～63cm/sの範囲で作業速度による影響はほとんどなく約94～98%の値を示した。さとうきび栽培地域である南西諸島の琉球石灰岩風化土壌や粘板岩風化土壌等の耕うん作業を考慮した場合、実際に最高の植付け作業速度と考えられる52cm/sでは植付け率98.2%を示した。

また、複数植付け率は作業速度にほとんど影響されず約1～2%の範囲にあり、作業速度52cm/sで1.3%を示した。斜め植付け率は作業速度が早くなるとわずかに上昇する傾向を示し、約1～4%の範囲にあった。速度63cm/sで3.7%を示し、植付け姿勢の

図5 植付け作業速度と植付け間隔、植付け深さの関係

図6 苗の植付け状態

変化は苗が植付け口から落とされる際に作業速度が早くなると大きくなった(図4)。

植付け間隔は作業速度23～63cm/sにおいて速度にほとんど影響されず約25～27cmの範囲にあり、52cm/sにおいて25.6cmを示しほぼ同精度で植付けられた。

植付け深さは同じく作業速度による影響は少なく、約18～21cmの範囲にあり、52cm/sで20.6cmを示した。さとうきびの栽培基準18.0～21.0cmおよび人力による慣行の植付け深さ21.5cmに比べても良好な植付け深さであった(図5、図6)。

以上の結果から、作業速度52cm/sの場合を例にとって、植付け作業性能を表5にまとめた。植付け率98.2%(複数植付け率1.3%, 斜め植付け率3.0%), 植付け間隔25.6cm, 植付け深さ20.6cmを示

し、畦幅120cmとして作業速度52cm/sで耕うん、作溝、植付け作業を1名で行った場合の本機の理論作業量は約22.5a/hとなる。また、平均的なほ場区画（約80m×30m）での実作業量は約10.1a/h（表5）であり、これを人力による慣行の作溝、植付けの実作業量0.9a/h³⁾と比較すると、理論作業量で約25倍、実作業量で約11倍の作業能率となり、かなり高能率で作業を行うことができる。また、植付け姿勢も苗の萌芽に影響ない範囲であった。

2) 繰出しロールの耐久性

主に苗の繰出し性能に影響するロールの摩耗量は測定6個所ともに同様な経時変化を示したが、ロール中心部が側部より高い摩耗率を示した。経過時間約40時間迄は摩耗率の上昇割合が高く、その後200時間迄は変化が少なかった。中心部の摩耗率は40時間で3.1%、200時間経過後で3.8%（ロール直径で0.76cm摩耗）であったが苗の繰出しに支障はみられなかった。なお、ロール中心部の摩耗が側部に対し200時間経過後で約1.5倍多くなった原因は苗の繰出しが側部より中心部で多く行われたためであると考えられる（図7）。

芽の損傷に影響を与えるロール圧縮強さの経時変化は中心部、側部ともに高くなる傾向を示し、側部より中心部が高い値を示した。経過時間約50時間迄は上昇割合が高く、中心部の圧縮強さは50時間で0.57kgf/cm²、200時間経過後で0.68kgf/cm²であり、最初の圧縮強さ0.40kgf/cm²に比べて1.7倍上昇し

図7 繰出しロールの摩耗率の経時変化

表5 植付け機の作業性能（作業速度 52cm/s）

		栽培基準 ¹⁾	試作機	人力 ²⁾	対人力比
作業精度	畦幅 (cm)	120.0	120.0	120.0	—
	植付け率 (%)	—	98.2	—	—
	複数植付け率 (%)	—	1.3	—	—
	斜め植付け率 (%)	—	3.0	—	—
	植付け間隔 (cm)	25.0	25.6	25.0	—
	植付け深さ (cm)	18.0~21.0	20.6	21.5	—
	覆土厚さ (cm)	3.0	—	6.2	—
作業時間	作業人員 (man)	—	1	8	—
	回行 (min/10a)	—	8.3	—	—
	耕うん (min/man-10a)	—	26.7	—	—
	作溝 (min/man-10a)	—		168	—
	植付け (min/man-10a)	—		512	—
	苗補給 (min/man-10a)	—		—	—
	調整 (min/man-10a)	—	1.3(植付け深さ)	—	—
作業能率	合計 (min/man-10a)	—	59.5	680	—
	理論作業量 (a/h)	—	22.5	—	—
	理論作業幅 (cm)	—	120.0	—	—
	1人1時間当 (a/man-h)	—	10.1	0.9	11.2
	実作業量				

1) さとうきびの栽培基準（平成3年度）奄美地域より引用
2) 平成3年度さとうきび関係試験成績概要書より引用

た。芽の損傷は190時間経過(圧縮強さで0.66kgf/cm²)迄はみられなかったが、200時間前後になると損傷が出始めるのが観察された(図8)。そこで圧縮強さからみたロールの耐久時間を約190時間とすると、相当する植付け面積は畦幅1.2m、苗の繰出し量約160本/minとして理論作業量で約44haになる。また、これは正味植付け作業時間を5h/日とすると約40日間に相当し、少なくとも人手不足が著しい製糖期間中の植付け作業には十分対応でき、本機は作業能率、植付け精度も高く、さとうきび2芽苗植付け機として実用性があると考えられる。

3) 植付け作業上の今後の問題点

植付け機としての実用性は高いと考えられるが、今後、普及に移すに当たり残された問題点は、(1) 1a当たり約400本を必要とする苗の採取方法(2) 植付け機への苗の補給方法(3) 繰出しロールの耐久性の向上がある。

(1)の2芽苗を採取する方法としては刈取り後、人力(脱葉鎌)で梢頭部、枯葉を除去し丸鋸等の切断機で1～2本ずつ切断する方法があるが、予備実験の結果、採苗時間は400本の採取に約1.2時間を要した。また、刈取り後、脱葉機(脱葉ロールを使用したドラム型)で枯葉を除去し、切断採取する方法があるが、採苗時間は約400本の採取に約1.0時間を要し、芽の損傷もあるため、採苗用としてはロール回転数等の検討が必要である。以上、能率向上を含めた苗の採取法が今後の検討課題である。(2)の苗の補給法については本機ホッパの収納本数は約500本(約40kg)であり、現地のは場条件を考慮するとこれ以上の重量アップは好ましくないと考えられる。よっ

て10a当たり約8回の苗補給が必要になる。また、苗の繰出しを容易にするには出来るだけホッパ内に苗を揃えた状態で補給する必要があるため、簡便な補給法として、予め苗箱に約500本の苗を収納しておき、は場の適当な個所に配置する。作業者は苗の減り具合をみながら苗箱を交換する方法が考えられるが、今後更に取扱い容易な構造の2芽苗用苗箱を考案する必要がある。(3)繰出しロールの耐久性の向上を図るためには今後更に材質や形状(例えば、2芽苗の溝付きロールへの適応性)等についての検討が必要である。

4 摘 要

さとうきび栽培の機械化一貫作業体系の確立をめざし、植付け作業の機械化を図るためにさとうきび植付け機の開発を行った。前報で開発した2芽苗繰出し機構をもとにトラクタ装着型の全自動式さとうきび2芽苗植付け機を試作して、植付け性能、繰出しロールの耐久性を検討した。その結果は次のとおりである。

1) 2芽苗植付け率は作業速度23～63cm/sの範囲で速度による影響はほとんどなく約94～98%の値を示した。

2) 複数植付け率は作業速度による影響はほとんどなく約1～2%であった。

3) 斜め植付け率は作業速度が早くなるとわずかに増加する傾向を示し、約1～4%であった。

4) 植付け間隔は作業速度にほとんど影響されず約25～27cmの範囲にあり、ほぼ同じ精度で植付けられた。

5) 植付け深さは作業速度にほとんど影響されず約18～21cmの範囲にあり、慣行作業に比べて良好な深さであった。

6) 作業速度52cm/sでの作業性能は植付け率98.2% (複数植付け率1.3%, 斜め植付け率3.0%), 植付け間隔25.6cm, 植付け深さ20.6cm, 実作業量約10.1a/hであり、対人力比で約11倍の能率であった。

7) 苗の損傷および植付け姿勢は萌芽に悪影響を及ぼすものはみられず、本機はさとうきび2芽苗植付け機として実用性が高いと考えられる。

8) 今後、2芽苗の採取方法、苗箱の考案および繰出しロールの耐久性の向上が検討課題である。

キーワード

さとうきび、植付け機、蔗苗、植付け率、植付け姿勢

図8 繰出しロールの圧縮強さの経時変化

参考文献

- 1) 鹿児島県糖業振興協会 (1993) : さとうきびの機械化確立に向けて, 22~24
- 2) 宮部芳照・末吉武志・嶽崎 顕・柏木純孝 (1997) : さとうきび植付け作業の機械化に関する研究(1) - 2 芽苗繰出し機構の開発とその性能について -, 農作業研究, 32(3), 171~177
- 3) 財 甘味資源振興会 (1991) : さとうきびオートプランタの開発, 改良試験, さとうきび関係試験成績概要書, 110

Summary

In order to mechanize planting operations in the cultivation of sugar cane, a one-row tractor-mounted planter incorporated a feeding mechanism of two buds-seedcane was developed and the planter performance was examined for practical use. The results were follows:

- 1) With planting speeds between 23 m/s and 63 m/s, the proper planting rates were between 94% and 98%.
- 2) The planting rates of plural seedcane were between 1% and 2% at any planting speed.
- 3) The planting rates of slant seedcane were between 1% and 4% and increased slightly with

increasing planting speed.

- 4) The planting spaces were between 25cm and 27cm at any planting speed.
- 5) The planting depths were between 18cm and 21cm at any planting speed and therefore the accuracy is far better than manual operation.
- 6) The performance of developed machine at the planting speed of 52cm/s was 98.2% actual planting rate (plural seedcane 1.3% and slant seedcane 3.0%), spacing 25.6cm, depth 20.6cm and actual planting capacity of 10.1a/h. This capacity is about 11 times of manual operation capacity.
- 7) The damage and wrong planting pause which could hinder sprouting of the two buds - seedcane were not recognized and therefore the planter development can be considered as one of the breakthrough in sugar cane planting mechanization.
- 8) Further research is required in preparations of two buds - seedcane, construction of the holding box and design of the durable feed roll.

Key word

Sugar Cane, Planter, Seedcane, Planting rate, Planting pose