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 —

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
-On the Development of Feeding Mechanism of Two buds-Seedcane and the Performance-

Yoshiteru MIYABE, Takeshi SUEYOSHI, Akira TAKEZAKI and Sumitaka KASHIWAGI

1 緒 言

さとうきびは主に熱帯および亜熱帯で栽培される甘味資源作物の一つである。わが国では鹿児島県の南西諸島と沖縄県で基幹作物として栽培され、地域の農産業の発展に大きく貢献してきた。ところが近年、他の農業地域と同様にさとうきび栽培地域においても農業就業人口の減少、高齢化が進み、栽培面積および反収の減少が見られる。

さとうきび栽培には耕起、植付け（春植え、夏植え）或いは株出し（株揃え、根切り排土）と中耕、除草、培土、施肥、施薬、刈取り、脱葉調製の各作業が必要である。各作業に要する労働時間は春植えの場合、10a 当たり耕起・整地2.3時間（2%）、調苗・植付け21.1時間（18%）、栽培管理26.1時間（22%）、収穫調製68.1時間（58%）とされ¹⁾、機械化が強く望まれてきた。これらの作業の中で栽培管理作業と収穫調製作業は機械化がかなり進められている。管理作業には耕うん機、ロータリカルチ、ブームスプレーヤ等が使用され、収穫調製作業にはハーベスタ（平成6年度稼働実績、鹿児島県合計58台）、刈取り機（36台）、脱葉機（1284台）、搬出機（1239台）等が導入されている。機械による収穫調製作業面積は全収穫面積（鹿児島県の春、夏植えおよび株出し、約9600ha）の約40%を占めるが²⁾、植付け作業の機械化は遅れている。

現在、植付け作業は南西諸島の場合、春植え（植付け3月頃、収穫翌年の1～4月）は収穫時期と競合し、夏植え（植付け9月頃、収穫翌々年の1～4月）は約1年半の栽培期間を要する。両時期の植付け面積割合（平成6年度）は春1：夏2（約2100ha：3800ha）であるが²⁾、最近、収穫時期と競合しない夏植えが増加傾向にある。さとうきびの植付けは梢頭部の下部から切断した全茎苗或いは2～3芽に調製した切断苗を使用する。その際、苗に巻き付いた葉は芽を傷めないように脱葉カマや脱葉機で取り除き、約30cmの深さで水平に植付け、覆土を行う。また、南西諸島の中でさとうきび栽培の北限とされる種子島地方では更にポリフィルムを被覆するが、マルチ作業以外は殆どが人力に頼っているのが現状である。近年、オーストラリア等の外国製ケーンプランタの導入³⁾や国産のシュート式プランタ等の開発^{4),5)}が進められているが、いずれの機種もプランタ上に1～2人の補助者を載せ、苗の調製を必要とする補助者付きの半自動式プランタである。

本研究は補助者なしの全自動式プランタの開発を目指し、最終的には図1に示すような耕うんから覆土、マルチまでの作業を1工程で行えるトラクタ直装型の全自動式さとうきび2芽苗植付け機を完成させ、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に寄与しようとするものである。本報では、まず全自動式さとうきび植付け機開発のための

平成8年12月20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

表1 供試材料

	茎径(cm)	重量(g)	切断長(cm)	曲り度(cm)*	芽数	含水率(%)	ブリックス(%)
平均	2.1	77.3	20.2	0.3	2.0	71.4	21.0
最大値	2.4	99.2	22.5	0.8	3.0	77.3	21.8
最小値	1.9	65.3	18.4	0.0	1.0	65.6	19.3
標準偏差	0.1	10.1	1.2	0.1	0.5	4.8	0.3

注) 品種 N:Co,310

曲り度 蔗苗両端の中心を結ぶ線に対する曲り蔗苗中心線の最大偏位長さ

図1 植付け機の開発目標

図3 揺動板

2 供試材料および実験装置

供試材料としての2芽苗の調苗, 採取は品種 N: Co,310, 茎長150~180cmの精茎から2芽苗が確保できる約20cmの長さに切断採取した。2芽苗の条件は表1に示した。

試作した2芽苗繰出し装置の概要を図2に示した。①ホッパ(約500本の2芽苗を収納可能)に納められた2芽苗はホッパ内部での滞留を防止するために②揺動板で揺動され, ③相対向する2本の繰出しロール(直径20cm, 長さ30cm)によって繰出される。その後, 繰出された2芽苗(以下, 苗という)は繰出しロール下の④溝付き送りコンベア(以下, 送りコンベアという)上におとされ⑤植付け口まで送られて排出される。揺動板(図3)には苗がロール円周面に沿ってスムーズに接触するように, その先端部に⑥リンクチェーン(IM34F, 線径0.34cm, 長さ11.5cm)をそれぞれ12本ずつ取付け, 揺動板の駆動は⑦揺動カム(図4)を介して行った。繰出しロール(図4)には苗の損傷防止のためと曲った苗にも対応できるように弾力性のあるウレタンゴム(引張強さ3.2kgf/cm², 圧縮硬さ0.4kgf/cm²)製の滑面ロールを採用した。繰出しロール直下には苗が送りコンベア

図2 2芽苗繰出し実験装置の概略図

基礎資料を得るために, 2芽苗繰出し機構を開発し, その性能について検討したので報告する。次報では本機構をもとに2芽苗植付け機を試作しては場実験を行い, 植付け性能等を検討する予定である。

図4 繰出しロール、揺動板および揺動カム

図5 送りコンベア

の溝（溝深さ2.0cm、幅3.5cm、ピッチ4.0cm）に平行に繰出されるように⑧案内板を設け、送りコンベア（図5）には苗を植付け口まで1本ずつ送るために、傾斜（傾斜角50度）をつけると共に振動（振幅0.8cm、振動数4 Hz）を与え、苗をならしながら送りコンベアの溝中に確実に充填されるようにした。植付け口に近い送りコンベアの⑩下部カバーは苗の詰まり防止のためにコイルスプリングで支持した。また、植付け口の高さは慣行の植付け深さを考慮して底面より30cmとし、繰出しロール、送りコンベア等の駆動はVSモータを使用した。

3 繰出しロールによる苗の繰出し性能

1) 実験方法

繰出しロール（以下、ロールという）による苗の繰出し性能として、ロール回転数、ロール間隙、揺動板の揺動回数の影響を予備実験で検討し、実験条件を設定した。ロール回転数はロール間隙1.6cm、揺動回数60回/minにおいて、4～20rpm（周速度4

表2 繰出し性能実験条件

	ロール回転数(rpm)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	周速度(cm/s)	4	6	8	10	13	15	17	19	21
	ロール間隙(cm)	1.6								
	揺動回数(回/min)	60								
<hr/>										
	ロール間隙(cm)	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0			
2	ロール回転数(rpm)	12								
	揺動回数(回/min)	60								
<hr/>										
	揺動回数(回/min)	40	50	60	70	80				
3	ロール回転数(rpm)	12								
	ロール間隙(cm)	1.6								

～21cm/s)までを2 rpm 毎の9段階にとった。ロール間隙はロール回転数12rpm、揺動回数60回/minにおいて、0～2.0cmまでを0.4cm毎の6段階にとり、揺動板の揺動回数はロール回転数12rpm、ロール間隙1.6cmにおいて、40～80回/minまでを10回/min 毎の5段階に設定した(表2参照)。以上の実験条件のもとで、それぞれロールからの苗の繰出し本数(本/min)および繰出し状態について調べた。なお、繰出し本数は1分間当たりの繰出し本数3回の平均値である。また、繰出し状態については苗の繰出しの連続性をみるために、3秒間当たりの繰出し本数(本/3 s)を5分間に20回測定し、それを0～5本/3 s、6～10本/3 s、11～15本/3 s、16本/3 s以上繰出されたものの4段階に分けて、それぞれの状態で繰出された回数割合を求めた。

2) 実験結果および考察

繰出し本数はロール回転数が増加するに従って増加する傾向にあり、ロール回転数18rpm時で205本/minであったが、20rpmになると本数の減少がみられた。これは回転数が早すぎると苗とロール円周面との間に滑りが生じ、スムーズな繰出しがなくなることが原因であると考えられる。また逆にロール回転数が6 rpm以下になると、繰出し本数の減少とロールからの繰出し速度が遅くなるため、ロール直下に設けた案内板（苗の方向をコンベア溝に平行にする）での方向修正が不十分になり、繰出し方向にばらつきが多くなることが観察された。繰出し回数割合についてはロール回転数が増加するに従って11～15本/3 sが増加する傾向にあるが、6～10本/3 sの割合は回転数8～16rpmで60%前後の値を示し、苗の繰出し状態がほぼコンスタントであることがわかる。また、実際の耕うんを含めた

植付け作業を行う場合、作業速度は50cm/s程度であることを考慮すると、これに見合ったロールからの苗の適正繰出し本数は約3本/sになり、間隔1.6cm、揺動回数60回/minの条件では本機構のロール回転数は8～16rpm（8～17cm/s）が苗繰出しの連続性からみても適当であると考えられる（図6参照）。

ロール間隔0～1.2cmにおいては繰出し本数140本程度で少なく、間隔による変化は殆どないが、1.2cmより広がると本数は増加する傾向にあり、2.0cmで191本/minを示した。これは0～1.2cmでは供試苗の茎径（平均茎径2.1cm）に対しロール間隔が狭すぎ、本数が減少したものであり、苗の芽に対しても悪影響を及ぼす間隔であると考えられる。また、

繰出し回数割合については0～1.2cmで6～10本/3sが41～48%の値を示し、やや安定した繰出し状態を示したが、前述したように苗の本数不足が考えられる。これに対し、1.6cmでは6～10本/3sの回数割合が61%を示し、繰出し本数も約160本/min程度が確保可能であり、回転数12rpm、揺動回数60回/minの条件では本機構の適当なロール間隔は1.6cm前後（苗の平均茎径の約80%に当たる）であると考えられる（図7参照）。

揺動回数は増加するに従って繰出し本数も増加の傾向を示し、40回/minにおいて、148本/min、80回/minで197本/minを示した。繰出し回数割合は揺動回数40～70回/minの間では6～10本/3sが53～66%の値を占め、特に60～70回/minでは60%

図6 ロール回転数と繰出し本数および繰出し回数割合の関係

図7 ロール間隔と繰出し本数および繰出し回数割合の関係

図8 揺動板の揺動回数と繰出し本数および繰出し回数割合の関係

以上の値を示し、回転数12rpm、間隙1.6cmの条件では安定した苗の繰出し状態が得られると考えられる（図8参照）。

以上、供試材料条件（特に苗の平均茎径）或いは実験条件の設定の仕方によっては若干異なった結果が出ることも考えられるが、それぞれ本実験条件のもとでは以下の結論が得られた。苗の繰出し性能からみた本機構の好ましい設計条件はロール回転数8～16rpm、ロール間隙1.6cm前後、揺動板の揺動回数60～70回/minが適当であると考えられる。

4 送りコンベアへの苗の充填性能

1) 実験方法

コンベア溝への苗の充填性能を検討するため、予備実験の結果をもとに、実験条件を設定した。

送りコンベア上で苗をならすため振動（予備実験結果、振幅0.8cm、振動数4 Hz）を与え、且つ傾斜（傾斜角50度）をつけた。また、送りコンベアの周速度（以下、コンベア周速度という）は実際の植付け作業速度（50cm/s程度）を考慮して、8、10、12 cm/s（植付け作業速度40、50、60cm/sにそれぞれ対応する）の3段階に設定した。ロール回転数は前述の繰出し性能実験結果から適正な回転数範囲と考えられた8～16rpmの範囲の中でコンベア周速度に対応させ、コンベア周速度8 cm/sに対しては8～12rpm、10cm/sにおいては10～14rpm、12cm/sにおいては12～16rpmにそれぞれ設定した。なお、ロール間隙および揺動板の揺動回数についても繰出し性能実験結果から適正と考えられる1.6cm、60回/minについて実験を行い、充填状態を検討した（表

表3 充填性能実験条件

コンベア周速度(cm/s)	8	10	12
植付け作業速度(cm/s)	40	50	60
ロール回転数(rpm)	8 10 12	10 12 14	12 14 16
周速度(cm/s)	8 10 13	10 13 15	13 15 17
ロール間隙(cm)	1.6	1.6	1.6
揺動回数(回/min)	60	60	60

[コンベア振動数4（Hz）、振数0.8（cm）、
コンベア傾斜角50（度）]

3参照）。苗の充填状態は1実験条件につき3回繰り返し実験を行い、苗が1本のみコンベア溝の中に充填しているものを単数充填、2本以上充填しているものを複数充填、空溝を未充填とし、100溝数に対する充填状態を調べて、その割合をそれぞれ単数充填率、複数充填率、未充填率として表した。

2) 実験結果および考察

コンベア周速度8 cm/sにおいて、単数充填率はロール回転数10rpm時で最も高い94.1%の値を示した。また、未充填率は回転数が高くなると減少する傾向を示し、8 rpm時で11.0%であったが、これは苗繰出し量がコンベア周速度に対し不足することが原因であり、同時に単数充填率の低下につながったものと考えられる。複数充填率は1.8～4.2%の範囲でロール回転数が高くなると僅かに増加する傾向を示し、これは回転数が高くなると繰出し量の増加によって苗のならしが不十分になることが原因であると考えられる。

コンベア周速度10cm/sではロール回転数10～14

図9 ロール回転数と充填率との関係

rpmにおいて、単数充填率は90%以上を示し、12rpm時において96.3%の高い値を示した。また、未充填率は10rpm時で最も高い8.5%を示し、複数充填率は14rpm時で4.5%であったが、いずれも前述と同様な傾向を示した。次にコンベア周速度12cm/sではロール回転数12~16rpmにおいて、単数充填率は85.6~94.0%の値を示した。未充填率及び複数充填率についても前述と同様な傾向を示した(図9参照)。

以上のように、苗の充填状態はコンベア周速度(植付け作業速度)の違いにより、その傾向にあまり差異はみられないが、各コンベア周速度においてそれぞれ最適なロール回転数が存在することが判明した。即ち、最も高い単数充填率を示すロール回転数はコンベア周速度8 cm/s(植付け作業速度40cm/s)では10rpm、10cm/s(50cm/s)では12rpm、12cm/s(60 cm/s)では14rpmがそれぞれ苗の充填状態からみて最適なロール回転数であると考えられる。また、その時の単数充填率はそれぞれ94.1%、96.3%、94.0%の値を示した。

以上の結果から判断して、今回試作した本繰出し機構は実用性のかなり高いものと考えられ、今後は本機構をもとにしたさとうきび植付け機を試作しては場実験を行い、実用性について更に検討する予定である。

5 摘要

さとうきびの植付け作業を機械化するために、2芽苗の繰出し機構を開発し、その性能について検討した。その結果は次のとおりである。

- 1) 本機構の繰出しロール回転数は6~10本/3sの繰出し回数割合が約60%を占める8~16rpm(8~17cm/s)の範囲が良好な苗の繰出し状態を得た。
- 2) 繰出しロール間隙は苗の適正繰出し量150~180本/minからみて、約1.6cm(苗の平均茎径の約80%に当たる)が適当であった。
- 3) 揺動板の揺動回数は6~10本/3sの繰出し回数割合が60%以上を占める60~70回/minが苗の繰出し状態からみて良好であった。
- 4) 送りコンベアへの苗の充填性能はコンベア周速度8, 10, 12cm/s(植付け作業速度40, 50, 60 cm/s)においてそれぞれ繰出しロール回転数は10, 12, 14rpmの時に良好な充填状態を得た。
- 5) 送りコンベア周速度8~12cm/s(ロール回転数それぞれ10, 12, 14rpm)において単数充填率94~96%、未充填率2~4%、複数充填率1~2%を示し、本繰出し機構の実用性はかなり高いものと考えられる。

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) 鹿児島県農政部農産課(1995): さとうきび及び甘しゅ糖生産実績(平成6/7年期), 5~7, 105~112
- 3) Richard, C., Jackson, W. and Waguespack, H. (1995): Mechanical sugarcane planting: the last hurdle for some industries, Sugar Journal, Vol. 58, No.2: 25~27
- 4) 鹿児島県農業試験場徳之島支場(1995): さとうきびオートプランタの開発, 改良試験, さとうきび機械化試験概要書: 9
- 5) 鹿児島県農業試験場徳之島支場(1996): オートプランタ開発に関する試験, さとうきび機械化試験成績書: 1~10

キーワード

さとうきび Sugar cane, 繰出しロール Feeding roll, 植付け機 Planter, 蔗苗 Seedcane,

充填率 Filling ratio

Summary

In order to mechanize the planting operations for sugar cane, an experimental feeding mechanism of two buds-seedcane was developed and the mechanism was examined the performances for practical use. The results obtained are as follows.

- 1) The higher feeding performance of the seedcane was obtained under the feeding roll speed of 8~16 rpm, when the ratio of the feeding times of 6~10 pieces/3s was about 60%.
- 2) The proper gap between two rolls was about 1.5 cm (this gap is equivalent to about 80% of the diameter of the stem) under the proper feeding pieces of 150~180 pieces/min.
- 3) The proper number of the shaking times of the shaking plate was 60~70 times/min, when the ratio of the feeding times of 6~10 pieces/3s was above 60%.
- 4) The higher filling performance of the seedcane into the groove of the delivery conveyor was obtained under the delivery conveyor speed of 8,10,12 cm/s (the planting speed of 40,50,60 cm/s, respectively), when the feeding roll speed was 10,12,14 rpm, respectively.
- 5) The filling ratio of the seedcane (ratio of one seedcane 94~96%, zero seedcane 2~4%, plural seedcane 1~2%) was obtained under the delivery conveyor speed of 8~12 cm/s (the feeding roll speed of 10,12,14 rpm, respectively). This experimental feeding mechanism is of much practical use.