

担当機関名 部・室名	鹿児島県農業開発総合センター 大隅支場・農機研究室
実施期間	令和2年度～4年度、継続
大課題名	Ⅱ 高品質・高付加価値農産物の生産・供給技術の確立
課題名	キャベツの溝植え機能付き移植機の実用化促進と機械化体系の確立
目的	畝天面に溝を切り、溝底に定植し活着までの強風避けや結球時の倒伏を抑制する溝植を行うにあたって、溝切り機能を追加した溝植え機能付き移植機の実用化促進と機械化体系の確立を図る。
担当者名	鹿児島県農業開発総合センター大隅支場農機研究室 研究員 大園賢志郎
<p>1. 試験場所 鹿児島県農業開発総合センター大隅支場</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名 溝植え機能付き移植機（ベース機 全自動野菜移植機（PW10） キャベツ収穫機 HC-125</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 多腐植質厚層黒ボク土（畑）</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>品 種 名 「おきな」</p> <p>播 種 期 令和3年8月3日</p> <p>移 植 期 令和3年9月3日</p> <p>収 穫 期 令和3年12月1日</p> <p>施 肥 N:P:K=15:15:15kg/10a（基肥 BB555 100kg/10a）</p> <p>播 種 30角セルトレイ 128穴</p> <p>栽植様式 畝幅60cm、株間35cm 4,761株/10a</p> <p>ウ. 試験区の構成</p> <p>試験区 ①試験 新溝植区(令和3年度試作) ②対照 旧溝植区(令和2年度試作) ③対照 平植 各1a×3反復</p> <p>エ. 調査項目</p> <p>溝寸法、機械移植精度、移植作業能率、生育・倒伏状況、軸寸法・軸曲がり状況、 機械収穫精度、収穫作業能率</p> <p>3. 試験結果</p> <p>(1) 溝植え機能付き移植機の概要及び昨年度からの改良点</p> <p>溝植え機能付き移植機とは、ベース機の全自動野菜移植機（PW10）に畝天面に溝を切る溝切り装置を取り付け、溝切りと移植を一行程で行い溝植えを可能とする機械である。</p> <p>令和2年度に試作した溝植え機能は、機体の前方に溝切り装置を取り付けたが、溝切り時に畝の崩れが顕著に発生したことから取付位置を見直した。また、機体後部の鎮圧輪は溝内を通過しながら鎮圧するが、通過時に畝を削り、畝の崩れや苗の埋没が発生し</p>	

た。

以上の点の改善を図るため、本年度は溝切り装置の取付位置と鎮圧輪取付部、鎮圧輪の形状を検討した。溝切り装置の取付位置は機体前方から機体中央に変更した。機体中央は取り付けスペースが限られていたため、溝切り装置の形状も変更した。また、鎮圧輪取付部は畝を削っていた軸部を短くし、鎮圧輪は鎮圧の際に畝にめり込みすぎない幅（3 cm）の形状で作成した。なお、試作装置は3Dプリンター「Mastering MAESTRO Ver.2.3」で作成した。

（2）キャベツ収穫機の概要

供試したキャベツ収穫機 HC-125 は、前部の掻込みホイールでキャベツを引き抜き、茎部ベルトで搬送しながら、結球部ベルトで結球部を左右から狭持する。その後、両ベルト速度差でキャベツの姿勢を制御し、茎部を固定刃で切断する。この搬送切断行程でキャベツの倒伏、軸部の曲がり程度が収穫精度に影響を及ぼし、斜め切りや深切りが発生すると考えられる。搬送工程を経たキャベツは、機体の後方で作業員がコンテナに移す。

（3）試験の概要

試験は、畝天面に溝を切らずに植える「平植区」、令和2年度に試作した溝植え機能を供試する「旧溝植区」、令和3年度に試作した溝植え機能を供試する「新溝植区」の計3区で実施した。

（4）溝切りの状況

栽植様式は畝幅 60cm、株間 35cm とした。溝切り後の溝寸法は、旧溝植区が溝幅 185mm、溝深さ 45mm、植付深さ 63mm で、新溝植区が溝幅 190mm、溝深さ 56mm、植付深さ 71mm であった（表1）。

（5）移植精度

移植後の植付状況は、正常に移植された「正常」、浅く移植された「浅植」、移植後苗が斜めに傾いた「転倒」、移植後土に埋もれた「埋没」、「欠株」の5項目で評価した。

正常は旧溝植区が 56.0% で、平植区の 92.8%、新溝植区の 87.8% に比べて有意に低かった。浅植、転倒、欠株は全ての区で大きな差はなかったが、埋没は旧溝植区が 36.2% で、平植区の 2.7%、新溝植区の 7.2% に比べて有意に高かった。（表2）。旧溝植区は埋没が多く、正常が少なかったことから他の区に比べて移植精度が劣った。新溝植区の移植精度は、平植区に比べてやや劣ったが、旧溝植区に比べて大幅に向上した。

（6）機械移植作業時間

10a 当たりの移植作業時間の合計は、平植区が 88 分、旧溝植区が 89 分、新溝植区が 88 分とすべての区で同等であった（表3）。

（7）作業速度の変更による溝切り及び移植精度への影響

令和2年度試作機は、作業速度を上げるほど溝切り時に畝の崩れが顕著に発生するため、今回の試験では令和2年度試作機を供試した旧溝植区で問題がない程度に溝を切れる作業速度約 1.3km/h で統一した。しかし、本供試機 PW10 の作業速度は約 1.9km/h である（メーカーカタログ参考）。そこで令和3年度試作機において作業速度の変更による溝切り及び移植精度への影響を検証した。作業速度は 1.3km/h、1.5km/h、1.9km/h の3

段階とした。溝寸法は、溝幅、溝深さ、植付深さすべてにおいて作業速度の変更により試験区間で若干の差があったが、畝の崩れはどの区も発生しなかった。また移植精度は、埋没の割合が 1.9km/h 区では 14%と、1.3km/h 区の 7%、1.5km/h 区の 6%に比べて高い傾向にあった（表 4）。

(8) 収穫時の生育及び結球倒伏状況

収穫時の外葉数や結球重等生育状況は、試験区間で有意な差はなかった（表 5）。結球の倒伏状況は、1（ほぼ直立）が新溝植区は 42%で、平植の 25%に比べて有意に高かった。また、3（畝間まで倒伏）は旧溝植区、新溝植区それぞれ 3%、1%で、平植区の 18%に比べて有意に低かった。新溝植区は、旧溝植区に比べて有意な差はなかったが 0（直立）、1（ほぼ直立）の合計が約 1 割高かった（表 6）。

(9) 軸の性状

地際から一枚目の外葉基部までを軸長とした。軸長は、新溝植区が 45.8mm と平植区の 62mm に比べて有意に短かった。また、軸の曲がり程度は新溝植区が平植区に比べて 0（曲がりなし）の割合が有意に高く、2（45° 以上～90° 未満）の割合が有意に低かった（表 7）。

(10) 機械収穫作業時間

10a 当たりの収穫作業時間の合計は、平植区が 409 分、旧溝植区が 308 分、新溝植区が 269 分であった。新溝植区が最も作業時間が短く、平植区より約 3 割短かった（表 8）。

(11) 機械収穫精度

機械収穫精度は、結球部の損傷がないものを「適切切り」、切りすぎたものを「深切り」、斜めに切りすぎたものを「斜め切り」、軸が折れた状態で搬送され茎部が切断されずに残った状態のものを「茎残り」とした。適切切りは、新溝植区、旧溝植区それぞれ 72%、68%で、平植区の 54%に比べて有意に高かった。また深切り、斜め切りは試験区間に有意な差はなかったが、茎残りは新溝植区、旧溝植区ともに 0%で、平植区の 15%に比べて有意に低かった。損傷も新溝植区、旧溝植区ともに 0%で、平植区の 6%に比べて有意に低かった（表 9）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 移植後の溝寸法

単位: mm

試験区	溝幅	溝深さ	植付深さ
旧溝植	185	45	63
新溝植	195	56	71

表2 移植精度

試験区	植付状況(%)					
	正常	浅植	転倒	埋没	欠株	
平植	92.8 a	1.2	0.8	2.7 a	2.5	
旧溝植	56.0 b	0.0	1.7	36.2 b	6.2	
新溝植	87.8 a	0.2	0.7	7.2 a	4.2	
分散分析	**	ns	ns	**	ns	

注1)調査株数は各区200株×3反復

注2)分散分析の結果ns有意差なし, **1%水準で有意差あり (Arcsin変換を行って処理)

表3 移植作業時間

試験区		平植	旧溝植	新溝植	
試験ほ場面積	a	2.2	2.2	2.2	
有効作業幅	m	0.6	0.6	0.6	
有効作業速度	km/h	1.32	1.30	1.30	
有効作業量	a/h	8.0	7.8	8.0	
作業人員	人	1	1	1	
作業時間 10 a 当	実作業	min	76	77	75
	巡回	min	8	8	9
	苗補給	min	4	4	4
	合計	min	88	89	88
ほ場作業量	a/h	6.8	6.7	6.8	
有効作業効率	%	78.7	86.1	85.2	

表4 作業速度変更による溝切り及び移植精度への影響

試験区	溝寸法(mm)			植付状況(%)				
	溝幅	溝深さ	植付深さ	正常	浅植	転倒	埋没	欠株
1.3km/h	176.5	61.3	76.5	89	0	0	7	4
1.5km/h	181.5	52.7	71.7	93	0	0	6	1
1.9km/h	191	53.1	69.3	81	0	2	14	3

注1)本調査は令和3年度試作機を供試した「新溝植区」で実施したもの

注2)溝寸法の調査箇所は各区10箇所

注3)植付状況の調査株数は各区100株

表5 収穫時の生育状況

試験区	展開長	引抜抵抗	全重	外葉数	球径	球高	結球重
	cm	N	kg	枚	cm	cm	kg
平植	71.9	224.4	3.4	13	21.9	13.7	1.8
旧溝植	72.9	242.4	3.5	13	21.8	13.5	1.8
新溝植	72.4	236.1	3.5	14	22.0	13.8	1.8
分散分析	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 分散分析の結果ns有意差なし

表6 結球倒伏状況

試験区	倒伏程度(%)						【参考】昨年度倒伏状況(%)				
	0	1	左計	2	3		0	1	2	3	
平植	8	25	b	33	49	18	b	9	52	29	9
旧溝植	23	37	ab	60	37	3	a	35	49	13	3
新溝植	27	42	a	69	30	1	a	-	-	-	-
分散分析	ns	*	ns	ns	**		**	ns	ns	ns	ns

注1) 倒伏状況は 0:直立, 1:ほぼ直立, 2:斜め, 3:畝間まで倒伏

注2) 分散分析の結果ns有意差なし, **1%水準で有意差あり, *5%水準で有意差あり (Arcsin変換を行って処理)

表7 軸の性状

試験区	地際軸径	軸長	軸曲がり程度 %							
	mm	mm	0	1	2	3	0	1	2	3
平植	20.2	62.0	b	13	b	30	57	b	0	0
旧溝植	20.5	50.4	ab	23	ab	47	30	ab	0	0
新溝植	21.3	45.8	a	57	a	37	7	a	0	0
分散分析	ns	*		*	ns	*		-		

注1) 軸曲がり状況 0:曲がりなし, 1:45°未満, 2:45°以上~90°未満, 3:90°以上

注2) 分散分析の結果ns有意差なし, *5%水準で有意差あり (軸曲がり状況はArcsin変換を行って処理)

表8 機械収穫作業時間

試験区		平植	旧溝植	新溝植	
試験ほ場面積	a	1.1	1.1	1.1	
有効作業幅	m	0.6	0.6	0.6	
有効作業速度	km/h	0.31	0.46	0.53	
有効作業量	a/h	1.9	2.7	3.2	
作業人員	人	4	4	4	
作業時間 10 a 当	実作業	min	322	220	190
	旋回	min	56	61	53
	移動	min	31	27	26
	合計	min	409 (100)	308 (75)	269 (66)
ほ場作業量	a/h	1.5	2.0	2.2	
有効作業効率	%	78.7	71.4	70.5	

表 9 機械収穫精度

試験区	外葉数(枚)	収穫精度(%)					斜め切り程度(%)				損傷(%)		
		適切り	深切り	斜め切り	茎残り		小	中	大	甚			
平植	2.7	54	b	3	28	15	b	39	32	25	4	6	b
旧溝植	2.7	68	a	1	31	0	a	43	32	23	2	0	a
新溝植	2.5	72	a	2	26	0	a	43	34	22	1	0	a
分散分析	ns	**	ns	ns	*			ns	ns	ns	ns	*	

注 1) 斜め切り程度 小: 僅かな切り過ぎ, 中: 結球底部1/4程度, 大: 結球底部1/2程度, 甚: 結球底部1/2以上

注 2) 分散分析の結果ns有意差なし, ** 1%水準で有意差あり, * 5%水準で有意差あり (収穫精度, 斜め切り程度, 損傷はArcsin変換を行って処理)

表 10 移植日前後の日降水量

単位 : mm

月	9月																
日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
日降水量	0	0	1	0	0	11	0	4	0	0	94	47	103	55	0	10	11
補足			移植日														畝崩れ発生

5. 経営評価

未実施

6. 利用機械評価

作条機能付移植機のベース機である PW10 は、植付深さの自動制御機能、機体を水平制御し植付姿勢を一定に保つ UF0 装置等多くの機能が搭載されており操作性は非常に優れている。キャベツ収穫機 HC-125 は、キャベツの生育状態に応じて前部の搔込みホイールの高さを微調整する必要があるため、操作に慣れるまで時間が必要である。

7. 成果の普及

最終年度に普及情報として公開予定。試験成績検討会等で随時実証予定。

8. 考察

(1) 移植精度

溝切り装置の取付位置が機体前方の場合、前輪が崩れた土に乗り上げることで機体が上下に動く現象が見られたため、取付位置を機体中央に変更して溝切り時の機体の安定化を図った。また、鎮圧輪取付部の改良により、鎮圧輪が溝内を通過する際の畝の崩れを抑えた。以上の改良により溝切り精度が向上し、新溝植区は旧溝植区に比べて埋没の発生が少なくなり、移植精度が向上したと考えられた。

(2) 移植作業速度の向上

溝植え機能の改良による溝切り精度、移植精度の向上に伴い、本試験供試機である PW10 のメーカーカタログ値と同等の作業速度 1.9km/h での溝植えが可能となったが、埋没の発生が僅かにあるため引き続き溝切り機能の改良が必要である。

(3) 結球の倒伏状況

新溝植区、旧溝植区ともに平植区に比べて倒伏が軽減された。しかし、昨年度に比べて倒伏軽減効果は低かった。移植から一週間後の多雨により一部の畝が流されたため倒伏軽減の効果が低くなったと考えられた(表10)。本試験の畝高は約12cmとやや低かったため流されやすくなっていたと考えられ、溝植えに適応した畝高を検証する必要がある。

(4) 収穫精度

新溝植区、旧溝植区ともに平植区に比べて茎残りが少ないことから、適切が多く収穫精度が向上した。茎残りは、軸の曲がり著しい株を収穫機が引き抜き搬送する過程で軸が折れてちぎれることで発生する。溝植えにより軸が曲がらないことで新溝植区、旧溝植区は茎残りが少なかったと考えられた。平植区において損傷が多かったが、結球の倒伏、軸の曲がり著しく、ベルトが結球を傾いたまま挟持することで搬送中に擦れることが要因と考えられた。斜め切りは新溝植区で平植区と同等の約3割発生した。斜め切りは固定刃の高さを下げ結球の基部から切断位置を遠ざけることで減らせるが、同時に切断後の残外葉枚数が増え、荷台での調整作業が増す。残外葉枚数を最低限にし、かつ斜め切りをなくす技術の検討が必要と考えられた。

(5) 収穫作業時間

新溝植区の10a当たりの収穫作業時間は、旧溝植区に比べて約1割短縮、平植区に比べて約3割減となった。新溝植区は他区に比べて結球が倒れていないこと、軸が曲がっておらず畝のセンターラインに結球があることから、収穫機の前部の搔込みホイールの調節が容易であった。また、茎残りが発生すると結球が搬送途中で詰まるため、平植区では詰まった結球を取り除く作業を要する場合があった。このような点から新溝植区は他区に比べて10a当たりの収穫作業時間が短くなったと考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

今後の課題は、溝切りに適応した畝の形状の検証があげられた。また、残外葉枚数を最低限にし、かつ斜め切りをなくす収穫技術の検討も必要と考えられた。

なお、次年度は場内試験に加え、実証試験も計画している。

10. 参考写真



写真1 溝切り装置の取付位置(左:令和2年度試作,右:令和3年度試作)

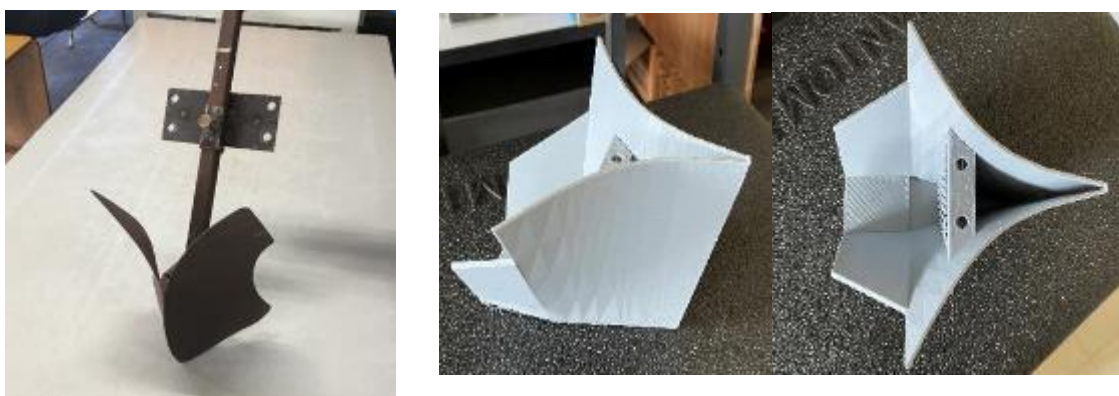


写真2 溝切り装置（左：令和2年度試作機，右：令和3年度試作機）



写真3 各区の鎮圧輪取付部及び鎮圧輪



写真4 溝植の様子



写真5 埋没した苗



写真6 多雨による畝の崩れ（左：旧溝植区，右：新溝植区）



写真7 キャベツ収穫の様子



写真8 収穫精度

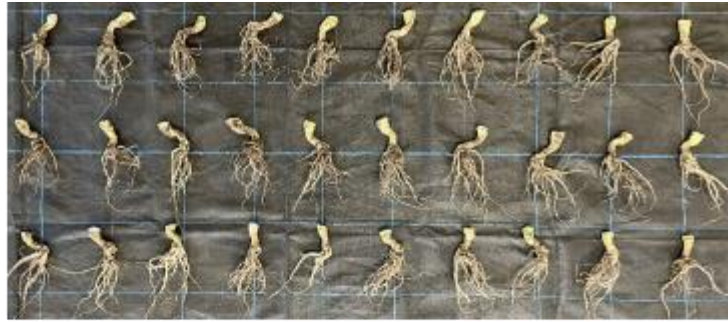


写真9 茎残り



写真10 茎残りとなった株の軸

平植区



旧溝植区



新溝植区

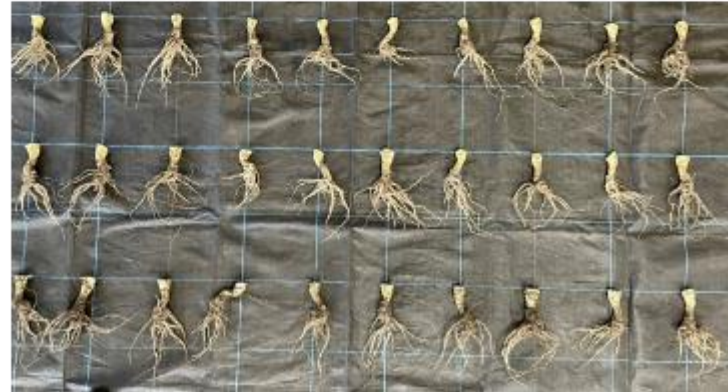


写真 11 各区の軸の曲がり程度