

委託試験成績（令和5年度）

担当機関名 部・室名	島根県農業技術センター 栽培研究部 水田園芸科															
実施期間	令和4年度～5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	水田転換畑における加工用ブロッコリー収穫作業の機械化による省力栽培の実証															
目的	<p>これまで、島根内において加工・業務用ブロッコリーの生産量は少なく、青果用として生産した内の一部で対応してきた。近年、同品目の需要は拡大してきており、県内産地においても加工・業務用に特化した大規模経営体ができており、それに対応した省力化技術の確立が必要である。</p> <p>ブロッコリー栽培で労働時間の約70%を占める収穫・調整作業を機械化することで大幅な省力化が見込めるが、ブロッコリー収穫機は本県のような重粘土ほ場や加工・業務用向け品種での国内導入事例は少ない。</p> <p>本試験では、加工・業務用ブロッコリー生産における収穫作業の省力化を目的とし、新たに開発された収穫機の実証を行う。</p>															
担当者名	主任研究員 古満泰佑															
<p>1. 試験場所 島根県農業技術センター内ほ場（出雲市芦渡町2440、標高8m）</p> <p>2. 試験方法 昨年度の試験結果から、機械収穫時に個体間の生育のばらつきが大きいと、機械収穫による歩留まりが低下することがわかった。 本年度試験では、ブロッコリーの機械収穫で必須となる生育の斉一化をはかるための育苗期間の検討を行い、育苗期間毎の生育のばらつきと機械収穫時の歩留まりを明らかにするとともに、機械収穫による省力化を実証する。</p> <p>(1) 供試機械名 ア. 収穫機:ブロッコリー収穫機HB1250 (YANMAR製)</p> <p>(2) 試験条件 ア. 供試ほ場土質: 砂壤土 イ. 栽培概要</p> <p>1) 供試品種: ‘グラウンドーム’ (サカタのタネ) 2) 試験区の設定</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験区</th> <th>育苗期間(日)<sup>2</sup></th> <th>収穫方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>慣行</td> <td>27</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40日</td> <td>40</td> <td>機械一斉収穫</td> </tr> <tr> <td>60日</td> <td>60</td> <td></td> </tr> <tr> <td>手収穫</td> <td>-</td> <td>手収穫<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>2</sup>育苗期間中は全処理区とも、無施肥をした <sup>3</sup>各育苗期間3処理区を反復とした</p> <p>3) 播種期: 慣行区 8月1日、40日区 7月19日、60日区 6月29日 4) 育苗: 培養土(与作N-150)を充填した128穴セルトレイへ播種、底面給水育苗 5) 畝立施肥: 畝立てブラザーズ STA-DB20 (2畦) (ササオカ製) と サンソワーG-R10N (ジョーニシ製) を用いて8月21日に実施した。 基肥 秋作ブロッコリー一発 (20-6-12) BM ようりん (0-20-0) 合計施肥成分量 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=28.0:28.4:16.8 (kg/10a) 6) 定植: 乗用汎用性野菜移植機 PH20R (YANMAR 製) を用いて8月28日に実施した。 7) 栽植密度: 3,846株/10a (畝幅65cm、株間40cm) 8) 中耕培土: 9月12日、10月3日に歩行型管理機で畝間を実施した。 9) 収穫: 機械一斉収穫: 慣行区; 11月27日、40日区・60日区; 12月4日 (生育にあわせて2日に分けて実施)</p>		試験区	育苗期間(日) <sup>2</sup>	収穫方法	慣行	27		40日	40	機械一斉収穫	60日	60		手収穫	-	手収穫 <sup>3</sup>
試験区	育苗期間(日) <sup>2</sup>	収穫方法														
慣行	27															
40日	40	機械一斉収穫														
60日	60															
手収穫	-	手収穫 <sup>3</sup>														

手収穫：慣行区；12月7日、40日区・60日区；12月11日

10) 収穫物調査：加工・業務用規格に基づき調整した。

#### ウ. 試験・調査項目

- 1) 苗質：葉数、草丈、地上部乾燥重（1区5株、3反復）
- 2) 定植後の生育：最大葉長、SPAD、花蕾径、花蕾基部高、花蕾高さ、花蕾頂部高（1区10株、2反復）
- 3) 収穫物特性：花蕾径、花蕾重（1区約120株2反復）
- 4) 機械収穫：収穫株率、可販率、出荷不可率、収量（1区約120株2反復）  
畝あたり収穫時間（1区60m×65cm、2反復）、  
再調整時間（1区約90株、2反復）
- 5) 手収穫（一斉）：収穫時間、再調整時間（1区約50株3反復）
  - ・収穫方法
    - ① 機械収穫  
作業人数5人（オペレーター1人、調製担当2人、コンテナ運搬2人）で実施。
    - ② 手収穫  
作業人数4人（収穫2人、コンテナ運搬2人）。
  - ・再調整方法：作業人数3人（検品、ステム再カット、箱詰め）
  - ・作業性能：1畝（畝間0.65m×畝長60m）あたりの収穫時間と収穫した株の1個あたりの再調整時間を調査し10aあたりの時間を算出
  - ・収量：各区とも収穫適期である花蕾径が平均15cm時に一斉収穫し10aあたり換算収量を算出

### 3. 試験結果

定植時における葉数、草丈、地上部乾物重は60日区が最も大きく、重かった（表1）。

定植後の最大葉長はほ場定植後から慣行区が40日区および60日区と比べ大きく初期生育が旺盛であった。また、出蕾は慣行区が40日区および60日区と比べ最も早かったことにより、定植後81日の花蕾径が大きかった（表2）。

収穫時の花蕾頂部高は慣行区が35.9cm、40日区が33.0cm、60日区が32.2cmで慣行区が40日区および60日区と比べ、高かった（表3）。

機械収穫は生育の早い慣行区を11月27日に実施し、40日区および60日区を12月7日に行った。また、40日区および60日区の収穫時は朝露で濡れていた（表4）。

機械収穫時における花蕾径は慣行区が114.9mmと、40日区の122.0mm、60日区の125.9mmと比較して小さかった。また、機械収穫した花蕾径の変動係数は60日区が慣行区および40日区と比べ最も低かった（表3および図1）。このことから、60日区は花蕾が大きく、かつ揃っていた。

収穫株率は慣行区が83.1%で40日区および60日区と比べ高かった。出荷不可株の内、収穫時の傷割合は慣行区が11.2%で40日区および60日区と比べ低かった（表4）。病害率は各試験区で差が見られなかった。

収穫適期の総収量は60日区が1,613kg/10aと慣行区より約300kg/10a多く、収穫時可販収量も同様に60日区が1,189kg/10aと慣行区より約220kg多かった（表5）。

機械収穫におけるほ場内機械調整時間は慣行区が51秒、40日区が2分36秒、60日区が2分59秒で、慣行区が40日区および60日区と比べ最も短かった（表6）。これは40日区および60日区の収穫時に結露があったことが主因で、育苗方法の影響ではなかった。

10aあたりの換算合計時間は慣行区が約6時間1分、40日区が6時間12分、60日区が6時間34分、手収穫区は13時間36分であり、手収穫と比べ機械収穫では収穫時間が約45%減った（表6）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 定植時における生育状況

試験区	葉数		草丈		地上部乾物重	
	平均(枚)	変動係数	平均(cm)	変動係数	平均(g)	変動係数
慣行	3.0	0.00	11.7	0.05	0.17	0.16
40日	3.1	0.08	11.6	0.04	0.26	0.07
60日	3.6	0.14	12.6	0.03	0.40	0.17

表2 定植後の生育状況

試験区	8日 <sup>z</sup>		30日		45日		81日
	最大葉長 (cm)	SPAD値	最大葉長 (cm)	SPAD値	最大葉長 (cm)	SPAD値	花蕾径 (mm)
慣行	7.4	7.5	38.6	63.4	52.3	66.3	72.8
40日	6.8	7.2	35.4	61.7	50.7	65.1	52.5
60日	6.4	6.6	34.0	60.7	49.6	67.7	55.7

<sup>z</sup>定植後日数

表3 機械一斉収穫時の花蕾生育状況<sup>z</sup>

試験区	基部高 (cm)	高さ (cm)	頂部高 (cm)	花蕾重 (g)	花蕾径	
					平均 (mm)	変動係数 <sup>y</sup>
慣行	27.6	8.3	35.9	233.1	114.9	0.27
40日	24.8	8.2	33.0	282.4	122.0	0.19
60日	24.6	7.6	32.2	300.9	125.9	0.17

<sup>z</sup>慣行は11月27日調査、40日および60日は12月4日調査

<sup>y</sup>標準偏差/平均(未回収株、重度の傷株を除く)

表4 機械一斉収穫時の収穫率および可販率

試験区	収穫日 (月/日)	収穫 株率 <sup>z</sup> (%)	収穫 不可率 (%)	可販率 <sup>y</sup> (%)	出荷不可率 <sup>x</sup>			植物体の 状況 <sup>w</sup>	
					全体 (%)	規格外サイズ (%)	収穫時の傷 (%)		
慣行	11/27	83.1	16.9	52.4	37.0	24.8	11.2	1.0	乾燥
40日	12/4	70.0	30.0	41.3	42.9	16.0	25.6	1.3	湿潤
60日	12/4	65.1	34.9	45.1	32.1	8.5	22.9	0.7	湿潤

<sup>z</sup>1畝株数に対する調整コンベアに乗った株数の割合

<sup>y</sup>調整コンベアに乗った株数に対する可販株数の割合

<sup>x</sup>収穫した株数に対する規格外株の割合

<sup>w</sup>朝露による植物体のぬれ程度

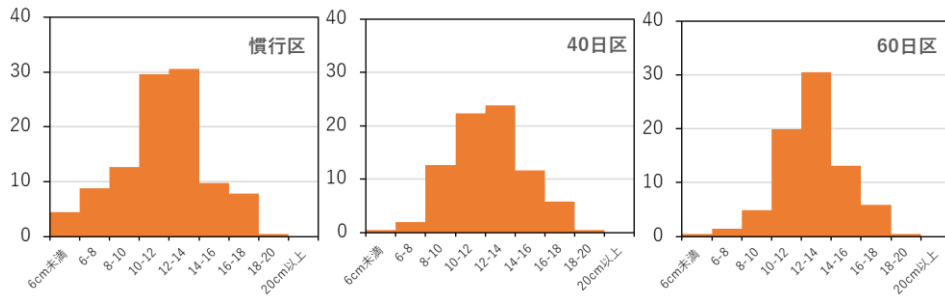


図1 各収穫区の花蕾サイズ割合 (6-8は6cm以上8cm未満を表す、他同様)

表5 適期収穫時の換算収量

試験区	収穫日 (月/日)	花蕾重 (g)	花蕾径 (mm)	総収量 <sup>z</sup> (kg/10a)	可販収量 <sup>y</sup> (kg/10a)	フローレット 重量 (g)	フローレット 収量 <sup>x</sup> (kg/10a)	可販フロー レット収量 <sup>w</sup> (kg/10a)
慣行	12/7	426.7	147.3	1312.9	967.6	241.4	742.7	547.4
40日	12/11	494.7	166.2	1522.2	1121.8	284.9	876.6	646.0
60日	12/11	524.1	167.5	1612.7	1188.5	342.7	1054.4	777.1

<sup>z</sup>花蕾重×3,846(株/10a)/1,000×安全率(80%)

<sup>y</sup>総収量×収穫株率－総収量×収穫時の傷株率(傷がついた株/全株)

<sup>x</sup>フローレット重量×3,846(株/10a)/1,000×安全率(80%)

<sup>w</sup>フローレット収量×収穫株率－フローレット収量×収穫時の傷株率(傷がついた株/全株)

表6 機械収穫における作業性

試験区	ほ場内作業				畝あたり 収穫作業時間 (分:秒/畝)	ほ場内 換算作業時間 (時間:分:秒/10a)	ほ場外作業		収穫調整 <sup>z</sup> 合計作業 時間 (分:秒/畝)	換算合計 作業時間 (時間:分:秒/10a)
	収穫機 稼動時間 (分:秒/畝(0.4a))	コンテナ 交換時間 (分:秒/畝)	機械調整 時間 (分:秒/畝)	旋回時間 (分:秒/畝)			株あたり 調整作業時間 (秒/株)	畝あたり 調整作業時間 <sup>y</sup> (分:秒/畝)		
	慣行	05:10	01:12	00:51			00:40	07:53		
40日	04:48	01:00	02:36	00:33	08:57	3:53:36	03.8	05:19	14:17	6:12:17
60日	04:59	01:07	02:59	00:33	09:37	4:10:46	04.2	05:32	15:09	6:34:54
手収穫	-	-	-	-	19:56	8:39:35	04.6	0:11:23	31:18	13:36:22

<sup>z</sup>畝あたり定植本数×収穫株率×株あたり調整作業時間

## 5. 経営評価

機械収穫における‘グランドーム’の可販収量から算出すると、粗収益は275,000円/10a(250円/kgとして換算)となった。島根県農業経営指導指針における青果用秋冬ブロッコリーの粗収益は、369,000円/10a(410円/kg)であることから、これよりも低い結果となった。

増収するためには、収穫株率を高め、傷株率の低減を図る必要がある。(目標1,500kg以上/10a)

## 6. 利用機械評価

収穫機械について、12月4日の収穫時にブロッコリーが朝露で濡れており、挟持ベルトもしくは下部搬送ベルトで株が詰まるトラブルが起り、収穫率の低下、傷株率の上昇をまねいた。また、詰まった株を取り除く作業が発生し、作業時間が長くなった。収穫機械を使用する場合はほ場状態や植物体の状態を見極め使用することが重要である。

さらに傷株率を抑えるためには①頂部高の低い栽培方法または品種の選定②上葉カッターの位置をより高くできるように高さ調整ビス穴の拡充、または羽根付きカッターの撤去の2点が考えられた。

## 7. 成果の普及

試験結果は今後 JA 担当者および県普及員を通じて、生産者へ周知する予定である。

収穫機械の導入に向けては、一生産者ではなく産地内の複数生産者で共同利用（購入）できる仕組み作りを考えなければならない。

## 8. 考察

### (1) 生育

ア. 定植時における苗の生育の斉一化が最終的な花蕾径の生育の斉一化になると予測し苗質調査を行った。各試験区で変動係数が同程度であったため、育苗時の個体差は少なかったと考えられる。この要因としては底面給水による育苗を行っていたため、セル内の培地に均等に水が供給されていたためと考えられる。

収穫時の花蕾径の変動係数は 60 日区が最も低かった。長期無追肥育苗をした苗は育苗中ある程度生長したところで蒸散が抑えられ、根からの水の吸収も少なくなり、生育が止まる。このような苗質が初期生育を抑え、その後の花蕾の生育のバラツキが少なくなり変動係数が低くなったと推測される。

イ. 花蕾頂部高について、慣行区と比べ 40 日区および 60 日区は約 3cm 低かった。全ての区で低温を感知した時期は同じであると考えられるが、慣行区は定植後の初期生育が旺盛で、40 日区および 60 日区よりも成長点が高い位置で低温を感知し、花蕾頂部高が高くなったことが推察される。機械収穫において花蕾位置が高すぎると傷株の発生を誘引するため、長期無追肥育苗により、花蕾頂部高を低くできることはロス率の低減につながることを示唆された。

### (2) 機械収穫での収穫株率

ア. 定植：一定数の株は収穫時に掻込みホイルがかき込めない位置に植わっていた。今年度の定植は、当センター所有の半自動移植機 PH20R（YANMAR 製）を用いて実施したが、定植時に畝の中心に苗が落ちないトラブルがあったためと考えられる。

イ. 空洞化：11 月上旬に高温が続き、急激な水分吸収および窒素の吸収により空洞化が一部発生した。収穫時の掻込みホイルや下部搬送ベルトでステムが潰れ、挟持ベルトで回収しきれない株があったことが考えられる。

ウ. 朝露：12 月 4 日の収穫率の低減は、当日株に朝露がついており、挟持ベルトもしくは下部搬送ベルトで株が詰まるトラブルが発生したことが要因であった。この詰まりにより挟持ベルトから抜け落ちる、また、回収しきれない株があった。

### (3) 機械収穫での傷物率

ア. 品種と機械の相性：花蕾頂部高は慣行区が 35.9cm であった。現行機械の羽根付きカッターは下部搬送ベルト中央から約 33cm である。機械マニュアル通り掻込みホイルをステムの地際から 2~3cm にあわせると花蕾の上部を傷つけてしまう株が出てきた。それに対し、40 日区および 60 日区の花蕾頂部高は 32~33cm で、傷株発生を低減できることが示唆された。また、地際から 5~6cm 程度を狙うと掻込みホイルや下部搬送ベルトの圧力でステムが潰れ、回収できない株が多発したため、地際から 2~3cm に合わせざるを得なかった。さらに外葉が大きく、オペレーターの座席からは地際が見えなかった。

イ. 朝露：上記した朝露のトラブルにより、挟持ベルトからはみ出た株の一部がカッターに当たっていた。

### (4) 収穫時間

機械収穫に係る時間は手収穫と比較して約 45% の削減効果が得られた。しかし、圃場内での収穫作業は機械収穫した区が 3 時間半~4 時間程度でカタログの範囲（3~6 時間/10a）内であったが、圃場外でサイズや病害を判定するために検品、再調整しなければならず、機械収穫の 10a あたりの合計作業時間は 6 時間を超えた（表 6）。オペレーターは今回が初めての操作であり、調整担当はブロッコリーの病害等の知識が乏しかった。作業員の練度を高めることにより、さらなる効率化が可能と考えられる。また、圃場外作業の省力化としては再調整が必要とならない出荷規格の取引先を選出することも考えられる。

## 9. 問題点と次年度の計画

長期無施肥育苗は花蕾径がより斉一になり、かつ花蕾頂部高が抑えられることから、機械収穫のロス率低下に寄与すると考えたが、収穫時の条件に違いにより十分な結果が得られなかった。生育の斉一化はブロッコリー栽培では大きな問題であるため、引き続きより斉一化の期待できる育苗方法や、栽植密度、品種の選定についても取り組みたい。

また、収穫株率および、傷株率の改善にむけて、現行の収穫機械に適合した品種の選定についても取り組む予定である。

## 10. 参考写真

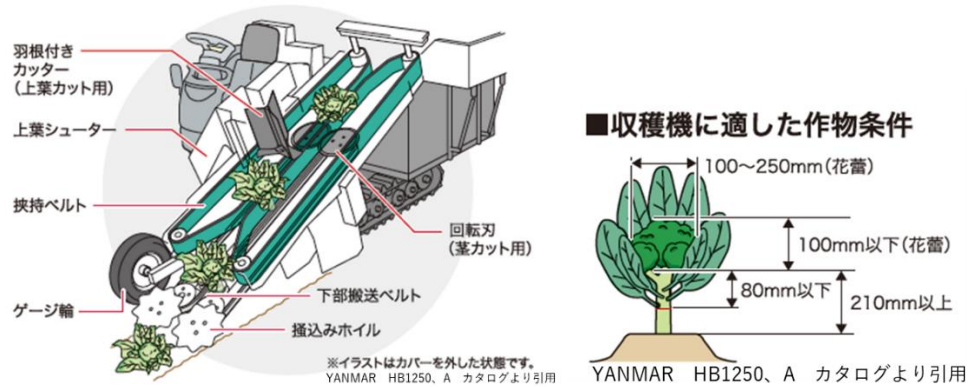


写真1 収穫機における各部位の名称と収穫期に適した作物条件



写真2 機械収穫での調整の流れ

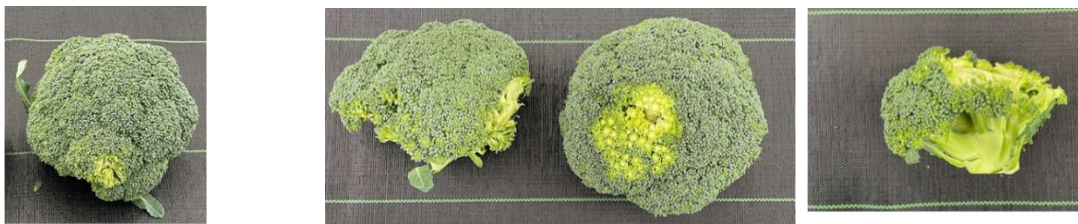


写真3 花蕾の傷の様子



写真4 花蕾が抜け落ちる様子