

委託試験成績（令和4年度）

担当機関名 部・室名	長崎県農林技術開発センター 畑作営農研究部門 干拓営農研究室
実施期間	令和3年度～令和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	ブロッコリー収穫作業の機械化による省力化の実証
目的	近年、長崎県におけるブロッコリーの栽培面積は拡大傾向にあり、令和3年度から大規模農地におけるブロッコリーの機械化一貫栽培体系を確立するため、収穫機を用いた一斉収穫技術の効率的な導入方法を検討している。そこで、令和4年度については、収量と販売金額の増加を目指し密植を組み合わせた一斉収穫技術の導入方法を検討する。
担当者名	尾崎祐未
<p>1. 試験場所 長崎県諫早市中央干拓 諫早湾干拓地 長崎県農林技術開発センター干拓営農研究室圃場</p> <p>2. 試験方法 令和3年度は、一斉収穫方法について検討し、作業時間の削減と商品化率および販売金額の計算から選別収穫を50%実施した後に一斉収穫を行う組み合わせが有望であると考えられた。</p> <p>(1) 供試機械 ブロッコリー収穫機 HB1250（製品）</p> <p>(2) 試験条件 ア. 圃場条件 海成沖積土壌（灰色低地土） イ. 栽培等の概要 品種名 ブロッコリー（品種：おはよう） 施肥・整地 2022年8月30日 追肥：9月22日、10月6日 整形 2022年8月30日 播種 2022年8月9日 定植 2022年9月8日 収穫 2022年11月11日～24日</p> <p>ウ. 試験区構成 試験区1 一斉収穫 2L到達花蕾率80%到達後に一斉収穫 試験区2 選別収穫50%後一斉収穫 2L到達花蕾率50%まで選別収穫、約80%到達後に一斉収穫 試験区3 選別収穫50%後一斉収穫+密植 2L到達花蕾率50%まで選別収穫、その後一斉収穫、栽植密度は密植 対照区 選別収穫 2L到達花蕾を定期的に選別収穫</p> <p>エ. 耕種概要 栽植密度 試験区1・2・対照区 畦間60cm、株間40cm、1条植え 4,167株/10a 試験区3 畦間60cm、株間35cm、1条植え 4,762株/10a 育苗方法 128穴セルトレイ育苗</p>	

オ. 調査方法

- 品質調査 生理障害（不整形花蕾、死花、開花、リーフィー等）の有無
収量調査 選別収穫（青果用出荷）：収穫株率、花蕾重、規格別収量割合
一斉収穫（加工業務用出荷）：収穫株率、加工業務用調整重、規格別収量割合
作業能率調査

3. 試験結果

(1) 選別収穫（青果用）

選別収穫は11月11日から開始し、花蕾径13cm（2L以上）になったものを選別して2～3日おきに3～5回収穫した。

選別収穫時の商品化収量は、試験区2が798kg/10a、試験区3が983kg/10a、対照区が1496kg/10aとなり、試験区2および試験区3はともに選別収穫50%であるが、定植本数の多い試験区3の値が高くなった。また、商品化率は適期収穫であったためいずれの区も高い結果となった（表1）。

(2) 一斉収穫（加工業務用）

本年度はブロッコリーの生育が予定よりも早く、一斉収穫時にブロッコリー収穫機の到着が間に合わなかったため、対象となる試験区の株に対して手収穫を行った。その後、ブロッコリー収穫機の到着後に同じ試験区内容で一斉収穫を実施し、ブロッコリー収穫機の収穫株率等を基に試算を行った。

一斉収穫時の商品化収量は、青果並の品質調査を行ったところいずれの区も低い割合となり、試験区1が484kg/10a、試験区2が406kg/10a、試験区3が387kg/10aとなった。また、試験区3は試験区2より定植本数が多いが、花蕾の規格が小さくなったため、商品化収量も試験区2より低い結果となった（表2）。

(3) 一斉収穫時の生理障害

一斉収穫時における生理障害の発生率は、死花（46.1%）が最も高く、次いで不整形花蕾（41.1%）、キャッツアイ（34.4%）、空洞症（5.0%）の順で高かった（表3）。ブロッコリーの生育については個体差があるため、一斉収穫を行うまでに早く生育した株は収穫適期を逃したことが原因であった。

(4) 一斉収穫時のカットミス

一斉収穫時の収穫株に対するカットミス（別添写真参照）は、試験区1が2.6%、試験区2が21.7%、試験区3が8.3%となり、試験区2の発生率が最も高くなった（表4）。

(5) 収穫株率および商品化率

収穫株率は対照区100%に対し、試験区1は84.4%、試験区2は89.1%、試験区3は92.3%とやや低かった。

商品化規格（3LからS規格）の割合は試験区2が94.4%、試験区3が95.6%と高い値となったが、一斉収穫時の生理障害の発生率がともに53.3%となり、商品化率は試験区2が75.3%、試験区3が73.5%となった。また、試験区1の商品化規格の割合は71.1%であったが、生理障害の発生率が74.4%となり、商品化率は19.7%と最も低くなった。対照区は適期収穫が可能であるため商品化率は93.3%と高かった（表5）。

(6) 作業能率

ブロッコリー収穫機を使用した一斉収穫時の作業能率は、試験区1が1.73a/hr、試験区2および試験区3が2.32a/hrと試験区2および3は試験区1と比較して133%の能率であった。試験区1は収穫株数が多く、収穫時間が遅くなるため作業能率が低くなった（表6）。

(7) 作業時間

作業時間は全て選別収穫を行った対照区の 35.9 時間人・/10a に対し、試験区 2 は 29.2 人・時間/10a (81.3%)、試験区 3 は 33.0 人・時間/10a (91.9%) となった。試験区 2 より試験区 3 の作業時間が長いのは、試験区 3 は密植を行っているため収穫株数が多いことが原因とである。なお、対照区と比較した試験区 1 の作業時間は 49.9% であり削減率が最も高かった (表 7)。

(8) 販売額および人件費

10a 当たりのブロッコリーの商品化収量は適期収穫が可能であった対照区 (1496kg/10a) が最も高く、次いで試験区 3 (1370kg/10a)、試験区 2 (1204kg/10a)、試験区 1 (484kg/10a) となった (表 8)。

また、商品化品質分の収量を用いたブロッコリーの販売額は、対照区 (562,352 円/10a) が最も高く、次いで試験区 3 (427,650 円/10a)、試験区 2 (361,132 円/10a)、試験区 1 (72,673 円/10a) となった (表 8)。

ブロッコリー収穫機の活用による 10a 当たりの収穫に係る人件費の削減金額は、1 時間あたりの労働時間を 1,000 円とした場合、試験区 1 (17,942 円/10a) が最も高く、次いで試験区 2 (6,632 円/10a)、試験区 3 (2,910 円/10a) の順で高かった (表 7)。また、10a 当たりの商品化品質分の収量を用いた販売金額と人件費の削減金額を合わせた金額は、対照区 (562,352 円/10a) が最も高く、次いで試験区 3 (430,556 円/10a) が高かった (表 7)。青果用の選別収穫株は単価が高いため、人件費の削減金額を足しても選別収穫の収量が高い区の販売金額が高くなった。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 選別収穫 (青果用) 時の収量および商品化率

試験区No	試験区	平均花蕾重 (g/株)	収量 (kg/10a)	商品化率 (%)	商品化収量 (kg/10a)	収穫株率 (%)
1	一斉収穫	-	-	-	-	-
2	選別収穫50%後一斉収穫	392	817	97.8	798	100
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	413	983	100.0	983	100
対照区	選別収穫	385	1602	93.3	1496	100

注 1) 生理障害未発生かつ 3L~S規格までを商品とする

表 2 一斉収穫 (加工業務用) 時の収量および商品化率

試験区No	試験区	平均花蕾重 (g/株)	収量 (kg/10a)	商品化率 (%)	商品化収量 (kg/10a)	収穫株率 (%)
1	一斉収穫	590	2076	23.3	484	84.4
2	選別収穫50%後一斉収穫	534	870	46.7	406	78.3
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	455	916	42.2	387	84.6
対照区	選別収穫	-	-	-	-	-

注 1) 収穫株率はブロッコリー収穫機で収穫できなかった株およびカットミスを除いた値とする

注 2) 商品化率は生理障害等未発生かつ 3L~S規格までの値とする

表 3 一斉収穫時における生理障害発生率 (%)

試験区No	試験区	不整形花蕾	死花	キャッツアイ	空洞症
1	一斉収穫	51.1	62.2	32.2	6.7
2	選別収穫50%後一斉収穫	26.7	33.3	44.4	2.2
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	35.6	26.7	28.9	4.4
対照区	選別収穫	-	-	-	-
合計		41.1	46.1	34.4	5.0

表 4 一斉収穫時におけるカットミス発生率

試験区No	試験区	規格別カットミス発生率 (%)							合計 (%)
		3L以上	3L	2L	L	M	S	S未満	
1	一斉収穫	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
2	選別収穫50%後一斉収穫	0.0	17.4	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	0.0	4.17	4.17	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
対照区	選別収穫	-	-	-	-	-	-	-	-

注 1) 規格 (花蕾の大きさ) 3L:15.0~20.0cm、2L:13.0~14.9cm、L:12.0~12.9cm、M:10.0~11.9cm、S:7.0~9.9cm

注 2) カットミス発生率は収穫株に対する値とする

表5 収穫株率および商品化率

試験区No	試験区	収穫株率 (%)	規格別収穫株率 (%)							商品化規格率 (%)	生理障害 (%)	商品化株率 (%)	
			3L以上	3L	2L	L	M	S	S未満				
1	一斉収穫	選別収穫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		一斉収穫	84.4	26.7	58.9	5.6	3.3	1.1	2.2	2.2	71.1	74.4	19.7
2	選別収穫50%後一斉収穫	選別収穫	50.0	0.0	2.2	97.8	0.0	0.0	0.0	0.0	94.4	2.2	75.3
		一斉収穫	39.1	11.1	71.1	13.3	0.0	2.2	2.2	0.0	53.3	-	-
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	選別収穫	50.0	0.0	2.2	97.8	0.0	0.0	0.0	0.0	95.6	0.0	73.5
		一斉収穫	42.3	4.4	68.9	11.1	4.4	4.4	2.2	4.4	53.3	-	-
対照区	選別収穫	選別収穫	100.0	0.0	6.7	88.9	0.0	0.0	2.2	2.2	97.8	5.6	93.3
		一斉収穫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注1) 規格(花蕾の大きさ) 3L:15.0~20.0cm、2L:13.0~14.9cm、L:12.0~12.9cm、M:10.0~11.9cm、S:7.0~9.9cm

注2) 収穫株率はブロッコリー収穫機で収穫できなかった株およびカットミスを除いた値とする

注3) 生理障害等未発生かつ3L~S規格までを商品とする

注4) 商品化率は生理障害等未発生かつ3L~S規格までの値とする

表6 作業効率

		試験区1	試験区2	試験区3
作業速度	(m/s)	0.09	0.12	0.12
理論作業量	(a/hr)	1.93	2.60	2.59
作業効率(89.5%)	(a/hr)	1.73	2.32	2.32
		(100)	(133)	(133)
10aあたりの作業時間	(hr/10a)	5.79	4.30	4.31
圃場作業効率	畦走行収穫作業	24.34		
	巡回	1.68		
	コンテナ補給等	1.17		
	合計	27.19		

注1) () は試験区1を100とした時の数値

表7 ブロッコリー収穫時における作業時間および人件費

試験区No	試験区	作業時間				人件費		販売金額
		作業時間		合計作業時間 (%)	削減時間 (hr/10a)	時給 (円/hr)	削減金額 (円/10a)	+削減金額 (円/10a)
		選別収穫 (人・時間/10a)	一斉収穫 (人・時間/10a)					
1	一斉収穫	-	17.9	(49.9)	17.9		17,942	90,615
2	選別収穫50%後一斉収穫	17.9	11.3	(81.3)	6.6	1000	6,632	367,764
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	20.5	12.5	(91.9)	2.9		2,910	430,560
対照区	選別収穫	35.9	-	(100.0)	0.0		0	562,352

注1) 時給は長崎県農林業基準技術から引用

注2) 販売金額は10a当たりの商品化品質の販売金額とする(詳細は表8参照)

注3) 合計作業時間(%)は対照区を基準とした時の数値

表8 ブロッコリーの収量と販売金額

試験区No	試験区	収量(kg/10a)						販売額(円/10a)		
		選別収穫		一斉収穫		合計		選別収穫	一斉収穫	合計
		収量	うち商品化収量	収量	うち商品化収量	収量	うち商品化収量			
1	一斉収穫	-	-	2,076	484	2,076	484	0	72,673	72,673
2	選別収穫50%後一斉収穫	817	798	870	406	1,687	1,205	300,199	60,933	361,132
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	983	983	916	387	1,899	1,370	369,621	58,028	427,650
対照区	選別収穫	1,602	1,496	-	-	1,602	1,496	562,352	0	562,352

注1) 単価は現地価格を参考に選別収穫は376円/kg、一斉収穫は150円/kgとした

注2) 収量は生理障害株等を含め全て出荷した場合とし、商品化収量は生理障害等未発生かつ3L~S規格までを出荷した場合とした

注3) 販売額(円/10a)は商品化収量を用いた値とした

5. 経営評価

ブロッコリー収穫機の導入により収穫に係る作業時間は削減されるが、青果用は加工業務用より単価が高いため販売金額に人件費の削減金額を足しても、青果用の割合が高い方が販売額が高くなる結果となった(表7)。

本試験データを基にブロッコリー収穫機を利用した収穫体系モデルを考えると、加工業務用の単価が青果用の4割とすると、選別収穫並みの販売額56万円/10aを得るためには、試験区1では花蕾重995g、試験区2では花蕾重924g、試験区3では592gと3L以上の大花蕾の収穫が必要であった(表9)。

表9 一斉収穫を利用した収穫体系

試験区No	試験区	一斉収穫モデルにおける目標花蕾重										
		栽植密度	選別収穫割合	選別収穫効率	選別収穫株数	収量	平均	一斉収穫効率	一斉収穫株数	目標販売額	うち	目標
		(株/10a)	(%)	(%)	(株/10a)	(kg/10a)	(g/株)	(%)	(株/10a)	(円)	一斉収穫販売額	花蕾重
1	一斉収穫	4,167	0.00	0.90	0	0	0	0.90	3,750	560,000	560,000	995
2	選別収穫50%後一斉収穫	4,167	0.50	0.90	1,875	798	426	0.90	1,875	560,000	259,801	924
3	選別収穫50%後一斉収穫+密植	4,762	0.50	0.90	2,143	983	459	0.90	2,143	560,000	190,379	592
対照区	選別収穫	4,167	1.00	0.90	3,750	1,496	399	0.00	0	560,000	0	0

注1) 単価は現地価格を参考に選別収穫は376円/kg、一斉収穫は150円/kgとした

6. 利用機械評価

ブロッコリー収穫機による作業能率(表6)については、カタログに記載された記載仕様(3~6時間/10a)に対し、試験区1は5.78時間/10a、試験区2および3は4.31時間/10aとなり、記載仕様内の数値となった。

また、収穫率は85%以上と高い値となったが、カットミスについては、試験区2が21.7%と高い値となった。倒伏等の影響はなく、カットミスの原因について今後も検討が必要である。

7. 成果の普及

2022年5月20日、12月20日および2023年1月19日に営農者および技術指導者等の参加によるブロッコリー収穫機での収穫作業に関するデモンストレーションを五島市および諫早市で行うとともに、現地営農指導者と加工業務用の規格や品質について意見交換を行った。

試験結果は長崎県の試験研究成果情報に取りまとめ、農業指導者向けの情報として広く活用する予定である。

8. 考察

(1) ブロッコリー収穫機の利用により収穫時の作業時間削減が可能であり、商品化率および作業時間を見ると試験区3は試験区2にやや劣るが、密植を行っているため収量が多く、販売金額を加味すると利用体系として試験区3の選別収穫50%後一斉収穫に密植を組み合わせた体系が有望であると考えられた。

(2) ブロッコリー収穫機上での調整作業について、本年は葉を1枚ずつ落としての作業を行っていたが、加工業務用ブロッコリーとしてそのまま花蕾下の茎から落とす調整方法を行うと、調整作業の時間が削減され、作業効率が向上すると考えられる。また、作業時間削減に伴い面積拡大も期待できることから、調整作業方法について検討する必要があると考える。

(3) 一斉収穫時の収量および商品化率を高めるためには、利用時期を見極める必要がある。今年は天候に恵まれすぎてブロッコリーの生育が大きく前進化した。また、大花蕾になると商品化率が低下するため、特にブロッコリーの収穫タイミングについては生育の揃いを含め栽培方法や収穫適期の推定方法の確立が必要である。

(4) 試験区2について、選別収穫と同等の作業時間で一斉収穫を行うと、1.2倍の規模拡大が可能となり、表7の数値をもとにした販売金額は528,472円/10aとなる。しかし、この数値は商品化率100%の時の値であり、選別収穫の販売金額と比較しても-43,311円と低くなった。選別収穫時と遜色のない販売金額を得るためには、高い商品化率と単収向上が必要であり、試験区3のように密植は必要であると考えられた(表10)。

(5) 密植を行った試験区3については、1.09倍の面積拡大が可能となり、表7の数値をもとにした販売金額は551,824円/10aとなる。しかし、この数値は商品化率100%の時の値であり、選別収穫の販売金額と比較しても-10,528円/10aと低くなった。選別収穫時の販売金額と遜色のない販売金額を得るためには、カットミスや生理障害の発生率を下げるとともに、大花蕾等により単収を上げる必要がある。(表10)。

表10 選別収穫作業時間を基にした規模拡大モデルと目標商品化率の試算

試験区No	試験区	作業時間 (hr)	面積 (a)	選別収穫販売額 (円)	一斉収穫					推定販売額 (円)	
					収量 (kg)	販売額 (円)	商品化率 (%)	商品化収量 (kg)	商品化品質 販売額 (円)		
2	選別収穫50%後一斉収穫	試験結果	29.2	10	300,199	870	130,570	46.7	406	60,933	361,132
		規模拡大	35.9	12.3	368,287	1,068	160,185	46.7	498	74,753	443,040
3	選別収穫50%後一斉収穫 +密植	試験結果	33.0	10	369,621	916	137,436	42.2	387	58,028	427,650
		規模拡大	35.9	10.9	402,254	997	149,569	42.2	421	63,152	465,406
		試験結果	35.9	10	562,352	-	-	100.0	997	149,569	551,824
対照区	選別収穫	試験結果	35.9	10	562,352	-	-	-	-	-	562,352

(5) 一斉収穫時の花蕾品質について、今回は青果並みの評価を行ったが、ブロッコリーは加工業務用途に応じて実需者から求められる規格や品質が異なるため、導入にあたっては目標に応じた収穫機の利用を検討する必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

ブロッコリーの商品化率を上げるためには、ブロッコリー収穫機の収穫株率およびカットミスが減らす必要がある。ブロッコリー収穫機を効率的に利用するため、収穫機に適した草型の解明が求められる。

10. 参考写真



写真1 ブロッコリー栽培圃場



写真2 収穫機実演



写真3 カットミス (花蕾切断)



写真4 カットミス (茎)