

委託試験成績（令和3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～4年度 新規
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	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 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 加工業務用ブロッコリーとして、収穫機に対応した生産・出荷の体系について、省力効果の最大化と収穫ロス率の最小化、収量の安定確保などによる規模拡大と所得向上を目指す。</p> <p>(1) 供試機械 ブロッコリー収穫機 HB1250</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 2021年8月31日 追肥：9月21日、10月6日 施肥・整形 2021年9月1日 播種 2021年8月4日 定植 2021年9月6日 収穫 2021年11月15日～2022年1月6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80%後一斉収穫 2L到達花蕾率80%まで選別収穫、その後一斉収穫 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 畦間60cm、株間40cm、1条植え 4,167株10a 育苗方法 128穴セルトレイ育苗 試験規模 畦長 約80cm、面積 約1,000㎡</p> <p>オ. 調査方法 品質調査 生理障害 収量調査 選別収穫：収穫株率、花蕾重、規格別収量割合 一斉収穫：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</p>	

3. 試験結果

(1) 収穫株率および商品化率

収穫株率は対象区 99.1%と比べ3試験区は80~88%とやや低かった。一斉収穫を行った試験区1は3L以上が多く、商品化率は19.6%と最も低かった。一方、選別収穫の割合が高い試験区3および対象区は適期収穫が可能のため商品化率は高かった(表1)。

(2) 選別収穫(青果用)

選別収穫は定植後70日の11月15日から開始し、花蕾径14cm(2L以上)になったものを選別して2~3日おきに14回収穫した。

選別収穫時の収量は、試験区2が1,094kg/10a、試験区3が1,675kg/10a、対照区が1,825kg/10aで、商品化率は2Lで選別したためいずれの区も高かった(表2)。

対照区の時期別収穫株数および割合は表3のとおりで、収穫初期および後期は作業ロスが大きかった。

(3) 一斉収穫(加工業務用)

ブロッコリー収穫機による一斉収穫は、定植後122日の1月6日の1回のみ調査かつ、花蕾の平均的な大きさは3L以上となるまで待つて実施したため、収穫株の商品化率は19.6%と低かった(表1)。

収量は、試験区1が2,556kg/10a、試験区2が868kg/10a、試験区3が239kg/10aで、商品化率は試験区2が30.6%と高かった(表4)。

(4) 一斉収穫時の生理障害等

ブロッコリー収穫機による一斉収穫時における生理障害等の発生率は試験区3(80.0%)が最も高く、次いで試験区1(78.3%)が高かった(表1)。また、生理障害は、死花(38.6%)が最も高く、次いで不整形花蕾(37.1%)、開花(37.1%)が高かった。ブロッコリー収穫機を活用する時期が収穫適期より遅れたことが原因であった(表5)。

(5) 作業能率

収穫株数の違いにより作業速度が異なったことから、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1.43a/hr、試験区2が1.65a/hr、試験区3が3.01a/hrと収穫株数が少ないほど高く、試験区1と比較して試験区2は109%、試験区3は200%の能率アップであった。収穫株数や茎が太い株が多い場合は収穫時間が遅くなるため、試験区1の作業能率が低かった(表6)。

(6) 作業時間

対照区における作業時間は37.8時間/10a、試験区1における作業時間は実稼動時間(3人組作業)5.2時間/10a(1人あたり作業時間は15.6時間/10a)であり、対照区と比較して41.2%の作業時間であった(表7)。また、同様に対照区と比較して試験区2では86.5%、試験区3では118.3%の作業時間となり、試験区3では労力削減に繋がらなかった。

(7) 販売額および人件費

ブロッコリーの販売額は、対象区(631,458円/10a)が最も高く、次いで試験区3(623,088円/10a)が高かった。また、一斉収穫で生理障害等を含めた収量で試算すると試験区1が383,369円/10a、試験区2が527,095円/10a、試験区3が651,757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4,167株の収穫に係る人件費の削減金額は、試験区1(22,203円/10a)が最も高く、次いで試験区2(5,131円/10a)が高かった。

10a当たりの商品化品質の販売金額から人件費の削減金額を除いた金額は、対象区(631,458円/10a)が最も高く、次いで試験区3(629,900円/10a)が高かった。選別収穫の割合が高いことで人件費はかかるが、加工業務用より単価が高い青果用で販売できる(表7)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 収穫株率および商品化率

試験区No	試験区	収穫株率 (%)	規格別株率(%)							生理障害等 発生率(%)	商品化率 (%)	
			3L以上	3L	2L	L	M	S	S未満			
1	一斉収穫	選別収穫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.6
		一斉収穫	80.7	39.1	29.3	12.0	5.4	6.5	7.6	0.0	78.3	
2	選別収穫50%後一斉収穫	選別収穫	50.0 (100.0)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.9
		一斉収穫	31.6 (63.2)	33.3	27.8	16.7	5.6	2.8	11.1	2.8	69.4	
3	選別収穫80%後一斉収穫	選別収穫	78.9 (100.0)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	90.0
		一斉収穫	8.8 (41.7)	20.0	50.0	0.0	20.0	10.0	0.0	0.0	80.0	
対象区	選別収穫	選別収穫	99.1	0.0	0.0	85.0	0.0	5.3	4.4	5.3	8.0	86.7
		一斉収穫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

注1)花蕾の規格 3L:15.6~20.0cm、2L:14.1~15.5cm、L:12.1~14.0cm、M:10.1~12.0cm、S:7.0~10.0cm

注2)生理障害等未発生かつ3L~S規格までを商品とする

注3)収穫株率()は各試験区条件下での収穫株率とする

表2 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)	商品化収量 (kg/10a)	商品化率 (%)
1	一斉収穫	-	-	-	-
2	選別収穫50%後一斉収穫	525	1,094	1,056	96.5
3	選別収穫80%後一斉収穫	509	1,675	1,638	97.8
対照区	選別収穫	442	1,825	1,679	92.0

注1)花蕾の規格 3L:15.6~20.0cm、2L:14.1~15.5cm、L:12.1~14.0cm、M:10.1~12.0cm、S:7.0~10.0cm

注2)生理障害等未発生かつ3L~S規格までを商品とする

表3 対象区(選別収穫)における時期別収穫株数および割合

	収穫日														合計
	11月15日	11月18日	11月22日	11月25日	11月29日	12月2日	12月6日	12月9日	12月13日	12月16日	12月20日	12月23日	12月27日	1月4日	
収穫株数(株/10a)	174	564	347	130	260	564	174	347	781	391	43	43	130	217	4,167
収穫株数割合(%)	4.2	13.5	8.3	3.1	6.3	13.5	4.2	8.3	18.8	9.4	1.0	1.0	3.1	5.2	100.0

表4 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)	商品化収量 (kg/10a)	商品化率 (%)
1	一斉収穫	760	2,556	556	21.7
2	選別収穫50%後一斉収穫	659	868	265	30.6
3	選別収穫80%後一斉収穫	654	239	48	20.0
対照区	選別収穫	-	-	-	-

注1)花蕾の規格 3L:15.6~20.0cm、2L:14.1~15.5cm、L:12.1~14.0cm、M:10.1~12.0cm、S:7.0~10.0cm

注2)生理障害等未発生かつ3L~S規格までを商品とする

表5 一斉収穫時における生理障害等発生株率 (%)

試験区No	試験区	カット	不整形花蕾	開花	死花	リーフイー	キャッツアイ
1	一斉収穫	14.9	34.0	45.7	34.0	0.0	0.0
2	選別収穫50%後一斉収穫	8.3	44.4	16.7	50.0	2.8	2.8
3	選別収穫80%後一斉収穫	20.0	40.0	30.0	40.0	0.0	10.0
対照区	選別収穫	-	-	-	-	-	-
	合計	13.6	37.1	37.1	38.6	0.7	1.4

表6 作業能率

		試験区1	試験区2	試験区3
作業速度	(ms)	0.11	0.12	0.22
理論作業量	(a/hr)	2.30	2.65	4.83
作業能率 (62.3%)	(a/hr)	1.43	1.65	3.01
		(100)	(109)	(200)
10aあたりの作業時間	(hr/10a)	6.99	6.05	3.32
圃場作業効率	畦走行収穫作業	15.57	(62.31%)	
	旋回	8.05		
	コンテナ補給等	8.05		
	合計	24.98		

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 一削減金額 (円/10a)	
		作業時間 (時間/4,167株/10a/人)		合計作業時間 (時間/4,167株 /10a/人)	合計作業時間 (%)	削減時間 (hr/10a)	時給 (円/hr)		削減金額 (円/10a)
		選別収穫	一斉収穫						
1	一斉収穫	-	15.6	15.6	(41.2)	22.2	22,203	61,138	
2	選別収穫50%後一斉収穫	18.9	13.8	32.7	(86.5)	5.1	1000	5,131	431,591
3	選別収穫80%後一斉収穫	30.3	14.4	44.7	(118.3)	-6.8		-6,811	629,900
対照区	選別収穫	37.8	-	37.8	(100.0)	0.0		0	631,458

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

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)			販売額計(円/10a)	
		選別収穫	一斉収穫		選別収穫 (376円/kg)	一斉収穫(150円/kg)		収量	商品化品質
			収量	商品化収量		収量	商品化収量		
1	一斉収穫	-	2,556	556	0	383,369	83,341	383,369	83,341
2	選別収穫50%後一斉収穫	1,056	868	265	396,958	130,137	39,764	527,095	436,722
3	選別収穫80%後一斉収穫	1,638	239	48	615,921	35,836	7,167	651,757	623,088
対照区	選別収穫	1,679	-	-	631,458	0	0	631,458	631,458

注1) 単価は現地価格を参考とした

注2) 実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する

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から人件費を除いた金額は、青果用の割合が高い方が高くなる結果となった。

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60万円/10aを得るためには、試験区1では花蕾重1,200g、試験区2では花蕾重955gと3L以上の大花蕾の収穫が必要であった。

試験区3では一斉収穫の販売は期待できなかった(表9)。

実需者との意見交換では、サラダ用の加工業務用ブロッコリーに対しては青果並みの品質と規格が求められた。一方、フローレットでの冷凍販売であれば大花蕾の利用など規格の幅が広がるとともにアントシアニン株の利用も期待されるとの意見もあった。

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 (株/10a)	選別収穫効率 (収穫株率)	選別収穫 株数	収量 選別収穫	平均 花蕾重	一斉収穫効率 (収穫株率)	一斉収穫 株数	目標販売額	一斉収穫販売額	目標 花蕾重	販売額試算
			(%)	(株/10a)	(kg/10a)	(g/株)	(%)	(株/10a)	(円)	(円)	(g)	(円)
1	一斉収穫	4,167	0.90	0	0	0	0.80	3,334	600,000	600,000	1,200	600,000
2	選別収穫50%後一斉収穫	4,167	0.90	1,875	1,056	563	0.68	1,417	600,000	203,042	955	203,042
3	選別収穫80%後一斉収穫	4,167	0.90	3,000	1,638	546	0.40	333	600,000	-15,921	400	20,002
対照区	選別収穫	4,167	0.90	3,750	1,679	448	0.00	0	600,000	-31,458	0	0

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)、作業速度に換算すると0.3~0.6km/hrとなり、実作業もほぼ同等の数値であった。収穫時にブロッコリーの茎の直径が太い場合は、収穫機が茎を挟むことができず処理ができなかった。また、ブロッコリーの茎の直径が細くなる茎の下部を挟んだ場合は、搬送時の株元から花蕾までの長さが長くなるため、上葉部をカットするカッターで花蕾を切断することがあった。ブロッコリー収穫機の利用率を高めるためには、収穫時のブロッコリーの茎の太さに留意する必要があると考えられた。

7. 成果の普及

2021年12月14日および2022年1月6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労働時間の削減が可能であるが、一斉収穫時の収量および商品化率を高めるためには、栽培方法や収穫適期の推定方法の確立が必要である。
- (2) 選別収穫と同等の作業時間で一斉収穫を行うと、2.4倍の規模拡大が可能となり、表8の数値をもとにした販売金額は926,497円/10aとなる。ただし、この数値は商品化率100%(実収量)の時の数値であり、今回の調査での商品化率21.7%、商品化収量556kg/10a、販売金額83,341円から算出すると201,412円と低かった。選別収穫と比較して遜色のない範囲で収益を上げるためには、商品化率64.8%以上と品質向上による単価の向上が考えられる(表10)。
- (3) 選別収穫を組み合わせた一斉収穫方法については、選別収穫50%+一斉収穫体系で1.16倍の面積拡大が可能となり、表8の数値をもとにした販売金額は609,053円/10aとなる。ただし、この数値は商品化率100%(実収量)の時の数値であり、今回の調査での商品化率30.6%、商品化収量265kg/10a、販売金額436,722円から算出すると504,629円となり、選別収穫時の販売金額より劣るため、商品化率を上げるとともに一斉収穫による収穫株率の向上および密植による収量の増加が必要である。作業労働時間は削減できることから、ブロッコリー収穫機の利用については、選別収穫50%+一斉収穫体系が有望であると考えられる(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						
					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)	推定販売額 (円)	
1	一斉収穫	試験結果	15.6	10	0	2,556	383,369	21.7	556	83,341	83,341
								21.7	1,343	201,412	201,412
		規模拡大	37.8	24.2	0	6,177	926,497	100.0	6,177	926,497	926,497
								64.8	4,000	600,000	600,000
2	選別収穫50%後一斉収穫	試験結果	32.7	10	396,958	868	130,137	30.6	265	39,764	436,722
								30.6	306	45,947	504,629
		規模拡大	37.8	11.6	458,682	1,002	150,372	100.0	1,002	150,372	609,053
								94.0	942	141,349	600,031
対照区	選別収穫	試験結果	37.8	10	631,458	0	0	0	0	0	631,458

- (4) 本年度試験では1月にブロッコリー収穫機による一斉収穫を行ったため、対象となる株が老化し生理障害の発生が増えたが、一斉収穫の時期を早めることで加工業務用の商品化率を高めることができると考えられる。
- (5) ブロッコリーの茎の直径が太い場合、ブロッコリー収穫機が茎を挟むことができず収穫作業時間が遅延した。茎の直径が太い場合でも処理可能な装置が必要である。
- (6) 一斉収穫においては、加工業務用途に応じて規格や品質が大きく異なるため、導入にあたっては目標に応じた体系化を検討する必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

次年度は選別収穫とブロッコリー収穫機を用いた一斉収穫の組み合わせ試験を行い、ブロッコリー収穫機の効率的な導入について検討するとともに、3L規格の一斉収穫についても検討する。

10. 参考写真



写真1 デモンストレーション



写真2 左：青果用、右：加工業務用



写真3 機械収穫ができなかった株



写真4 花蕾切断面