

委託試験成績（令和5年度）

担当機関名 部・室名	石川県農林総合研究センター農業試験場 育種栽培研究部・園芸栽培グループ
実施期間	令和5年度～6年度 新規開始
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	石川県ではブロッコリーを重点品目として生産振興を図っており、近年、急速に作付けが拡大している。全国で加工業務用需要が高まっていることから、ブロッコリー収穫機が開発され、機械一斉収穫による労働力の削減が期待されている。これまでに、機械一斉収穫の収量向上について検討を行い、グラウンドームの長期無追肥苗を用いる方法が有効であることを示した。そこで、この方法を用い、加工業務用の機械収穫と、一般的な青果用の選択手収穫の収益性を比較する。また、一斉収穫を行う場合、収量確保のため、収穫適期を見極めることが重要である。そこで、収量が最大となる収穫時の花蕾径とその割合について検討する。
担当者名	石川県農林総合研究センター 農業試験場 育種栽培研究部 園芸栽培グループ 技師 早川侑花
<p>1. 試験場所 石川県農林総合センターの水田転換畑（石川県金沢市）</p> <p>2. 試験方法 《試験1》機械収穫試験では、手収穫と比較した収穫作業時間および収量品質への影響を検討した。また、《試験2》収穫時期試験では、収量が最大となる収穫時の花蕾径とその割合の目安について検討した。</p> <p>(1) 供試機械名 ブロッコリー収穫機 HB1250（YANMAR 製）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 供試ほ場</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌条件と面積：細粒質斑鉄型グライ低地土、水田転換畑、前作ブロッコリー、面積 5.4a <p>イ. 栽培概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 品種：‘グラウンドーム’（サカタ） ・ 耕起：ロータリー耕 ・ 畝立て：畝幅 150cm、高さ 25cm ・ 施肥[kg/10a] 元肥 窒素：リン酸：カリ＝23.9：28.7：27.1 追肥 窒素：リン酸：カリ＝4.8：0：4.8 ・ 育苗：128穴セルトレイ 1粒播き、7月28日、40日長期無追肥 ・ 定植：株間40cm、条間45cm、2条植え、9月5日 ・ 除草：トレファノサイド粒剤 など ・ 病虫害防除：アフファーム乳剤、プレバソンフロアブル、ヨネポン水和剤 など 	

ウ. 試験・調査項目

≪試験1≫機械収穫試験

・試験区：

- ①機械収穫区（ブロッコリー収穫機で一斉収穫、12月20日）
- ②手収穫区（花蕾径12cmを超えたものから収穫、12月20日）

・1区0.3a（20m×1.5m）、3反復を調査。

・調査項目：作業時間

収量（収穫数、花蕾重、収量）

※①実証区は加工用に茎を短く調整、②慣行区は青果用に茎を15cmに調整。

※品質は、ゆるみ、黄化、カットミス、生理障害を評価。ゆるみ、黄化、カットミスについては、0:無、1:一部切り落としで加工用出荷可（5割未満）、2:加工用出荷不可とし、生理障害（キャッツアイ）については、0:無、1:青果用では出荷不可だが加工用では可、2:加工用で出荷不可として評価。

コスト（人件費、機械償却費、販売資材費など）

≪試験2≫収穫時期試験

・試験区：

- ①0割区：花蕾径14cm以上の株が試験区全体の7割以上、かつ花蕾径18cm以上の株が試験区全体の0～9%のタイミングで一斉収穫
- ②1割区：花蕾径14cm以上の株が試験区全体の7割以上、かつ花蕾径18cm以上の株が試験区全体の10～19%のタイミングで一斉収穫
- ③2割区：花蕾径14cm以上の株が試験区全体の7割以上、かつ花蕾径18cm以上の株が試験区全体の20～29%のタイミングで一斉収穫

※加工用の出荷目安は8～18cm。

・調査時期：5～7日ごとに花蕾径を測定し、各区花蕾径18cm以上の株が設定した割合になった時点で一斉収穫を実施。0割区は12/26、1/5、1割区は12/26、1/9、2割区は12/26、1/16に収穫。なお、1割区、2割区については1/16時点では収穫が終了しなかった。

・1区30株、3反復を調査。

・調査項目：花蕾径、収量（収穫数、花蕾重、品質）

3. 試験結果

≪試験1≫機械収穫試験

・ほ場条件が悪く、機械がぬかるみにはまる危険性があったため、ほ場端の一部しか機械収穫ができなかった。このため、機械収穫区は1条12m分のデータを1畝（2条）20m分に換算して記載し、データは参考値とする。

・手収穫区は収穫が遅れたため、同日に花蕾径16cm以上、14cm以上、12cm以上の3回に分けて収穫し、収穫時間を計測した。このため花蕾重、収量は12cm以上で収穫した際の平均値

を記載した。

- ・収穫にかかる作業時間は、機械収穫区は 7.8 時間/10a、手収穫区は 18.8 時間/10a であり、機械収穫区で 11 時間/10a (59%) 短かった (表 1)。
- ・調整にかかる作業時間は、機械収穫機では収穫中に調整が可能のため 0 時間/10a であったのに対して、手収穫では 17.2 時間/10a であった。
- ・収量は、定植 106 日後の 12 月 20 日に加工用として機械一斉収穫を実施したところ、機械収穫区では 1,160kg/10a であった (表 2)。
- ・機械収穫区でのカットミスの程度は、加工用として出荷可能なものが 44%、出荷不可となるものが 0% であった。

《試験 2》収穫時期試験

- ・本試験は現在収穫・調査途中であり、データや試験結果は 1 月 16 日現在のものである。
- ・各試験区の花蕾径の分布は、花蕾径 18cm 以上の株が 0 割区で 4%、1 割区で 15%、2 割区で 21% であった (表 3)。
- ・花蕾径、花蕾重及び総収量は 1 割区で最も多かった (表 4)。また、可販収量は、0 割区で 10a あたり 1,285kg であり、1 割区で 1,256kg、2 割区で 829kg であった。
- ・花蕾径が 18cm 以上の株の割合が増加するほど可販フローレット重は増加したが、15% 程度を上限として、20% を超える場合には可販フローレット重は減少した (図 1)。
- ・収穫日が遅いほど霜や雪に遭遇する可能性が高くなり、腐敗の発生や凍害の影響を受けた。
- ・等級が低下する原因としては、秀から良へは積雪による蕾の先端の黄化、秀から外へは積雪による蕾の先端の黄化や凍害、花蕾腐敗病などの病気の発生があげられた。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 収穫方法の違いが作業時間に及ぼす影響

(参考データ)

試験区	収穫時間 (時間/10a)	調整時間 (時間/10a)	調整の内容
手収穫	18.8	17.2	青果用に茎を 15cm に調整
機械収穫	7.8	-	加工用に小花蕾にならない位置で調整

注 1) 収穫：手収穫は 3 人 1 組で 12/20 に実施。機械収穫は 3 人 1 組で 12/20 に実施。

機械収穫の作業時間には、収穫後の後退、旋回、コンテナ積み降ろしなどは含めない。

注 2) 調整：青果用の手収穫区の調整は 2 人で実施。

注 3) 機械収穫区は 1 反復 12m 分の結果を 20m 分に換算して記載。

表2 機械一斉収穫時の収量及び品質 (参考データ)

試験区	花蕾重 (g)	加工用としての 収量 (kg/10a)	カットミス (%)		商品率 (%)
			加工用可	出荷不可	
機械収穫	387	1,160	43.9	0	99.0

注1) 収量は、小花蕾にならない位置で調整した際の重量から算出。

注2) 1反復 12m 分の結果を 20m 分に換算して記載。n=90。

注3) 商品率は、ブラウンビーズなどの生理障害やカットミスによる出荷不可を除く花蕾の割合。

表3 各試験区の花蕾径の分布 (1月16日時点)

試験区	花蕾径 (cm、%)							
	-7.9	8.0-9.9	10.0-11.9	12.0-13.9	14.0-15.9	16.0-17.9	18.0-19.9	20.0-
0割	0	2	1	20	43	29	4	0
1割	0	0	0	7	50	28	13	2
2割	2	0	3	12	43	18	18	3

注) 0割区は3反復90株、1割区及び2割区は2反復60株から算出。

表4 各試験区の収量及び品質 (1月16日時点)

試験区	花蕾径 (cm)	花蕾重 (g)	総収量 (kg/10a)	可販収量 (kg/10a)	等級 (%)		
					秀	良	外
0割	15.2	394	1314	1285	74.4	23.3	2.2
1割	16.2	437	1455	1256	68.6	17.6	13.7
2割	15.8	414	1381	829	50.0	10.0	40.0

注) 調整は加工用の規格で実施し、小花蕾にならない位置で調整。

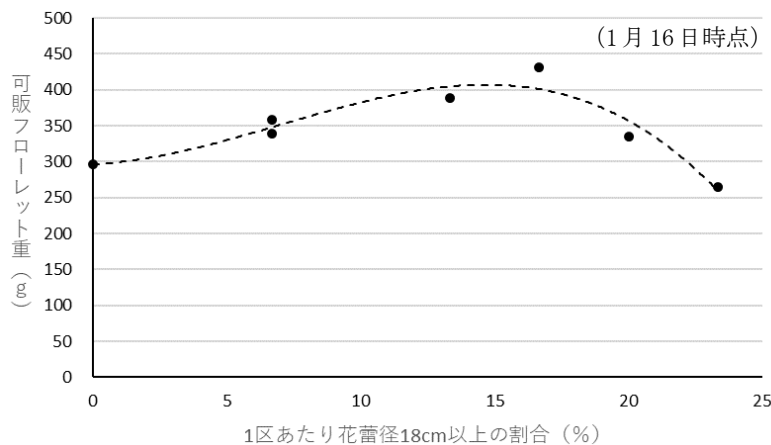


図1 花蕾径 18cm 以上の割合と可販フローレット重の関係

5. 経営評価

青果用の手収穫及び調整と加工用の機械収穫を比較すると、労働時間は、機械収穫が 28.2 時間/10a 短かった (表 5)。また、収穫、調整にかかる労働費は機械収穫が 42,300 円/10a 低かった。さらに資材単価は、青果用では氷詰めが主流であり発泡スチロールケースに 40 円/kg かか

るが、加工用ではコンテナ出荷となりフィルム代 15 円/kg と安いことから、資材費は機械収穫が 14,202 円/10a 低かった。また、収量は、機械収穫区では加工用として 1,160kg/10a、手収穫では青果用として 790kg/10a であり、機械収穫が 370kg/10a 多かった。しかし、輸入冷凍ブロッコリーの単価が国産青果ブロッコリーの単価のおよそ半値であることから、平成 28 年～令和 2 年の 5 年間の最高価格と最低価格を除く 3 か年の青果用ブロッコリーの平均価格から、青果用の単価を 472 円/kg、加工用の単価を 236 円/kg とすると、売上は手収穫が 372,833 円/10a、機械収穫が 273,666 円/10a となり、機械収穫で 99,167 円/10a 低かった。これらから、機械収穫の利益は手収穫より 42,665 円/10a 低いと考えられる。

ただし、加工用ブロッコリーは出荷規格がなく、従来の青果用より花蕾を大きくして収穫することで増収できる可能性があり、仮に試験 2 で最も総収量が多かった 1 割区の収量で算出すると、機械収穫の利益は手収穫と比べおよそ 23 千円/10a 増となる。また、収穫機の減価償却費が 1,140 千円/年であることから 5.0ha 以上で利用することで青果用の手収穫に比べ利益増加が見込まれる。

表 5 収穫方法が収穫にかかる労働時間および労働費に及ぼす影響

		手収穫（青果用出荷）	機械収穫（加工用出荷）	（機械収穫-手収穫）
粗収益	収量	790 kg/10a	1160 kg/10a	+ 370 kg/10a
	単価	472 円/kg	236 円/kg	▲ 236 円/kg
	売上高	372,833 円/10a	273,666 円/10a	▲ 99,167 円/10a
費用	資材費	31,596 円/10a	17,394 円/10a	▲ 14,202 円/10a
	収穫・調整時間	36.0 時間/10a	7.8 時間/10a	▲ 28.2 時間/10a
	労働費（収穫・調整）	54,000 円/10a	11,700 円/10a	▲ 42,300 円/10a

注 1) 労働費は 1,500 円/時間として算出。

注 2) 機械収穫により価格が変わる項目（売上高、資材費、労働費）のみについて示す。

実際の経営ではこの他に、種苗費や肥料・農薬代、その他作業に係る労働費、光熱動力費など手収穫と機械収穫で差のない費用が発生する。

6. 利用機械評価

手収穫では腰をかがめて収穫する必要があるが、機械収穫では、無理のない体制で作業が可能であるため、労働負担を軽減することができる。

ブロッコリー収穫機による収穫では、小花蕾が欠ける程度のカットミスがあるため、青果用より加工用での出荷が適する。

加工用では収量を増加させるために花蕾の大型化が有効だが、供試したブロッコリー収穫機で収穫できる花蕾径の上限は 20cm 程度で、それより大型の花蕾はブロッコリー収穫機のベルトに詰まったり、ベルトコンベヤーに乗り切らずに収穫機からこぼれ落ちたりすることで作業時間にロスが生じた。

機械収穫は 12 月 20 日に行ったが、降雨続きで地面がぬかるんだ状態での運転となり、車輪がはまるなど十分な作業が実施できなかった。水田転作はほ場条件による作業性の差が大きく、特に降雨や積雪の多い石川県での秋冬作は作型や利用するほ場条件に留意する必要がある。

7. 成果の普及

普及のためには加工用の単収の増加が必要であることから、花蕾を大型化する際の収穫機の利用可否や、収量が最大となる収穫適期時期に収穫した際の経営評価の検討が必要である。

また、収量が最大となる収穫適期の加工用の機械収穫でも、青果用の手収穫より利益を得るためには5.0ha以上の利用が必要であり、複数農家や他産地との共同利用が現実的である。

8. 考察

《試験1》機械収穫試験

収穫時間は、手収穫に比べ機械収穫で59%短かった。これは手収穫では選択収穫のため3回収穫を実施したのに対して、機械収穫では一斉収穫のため1回であることの影響が大きい。また、機械収穫では収穫作業と同時に調整作業が機上で実施可能であるため、収穫と調整を合わせた作業時間に大きな差が見られた。

花蕾径が22cmを超えるものは収穫機のベルトに詰まり、ベルトコンベヤーで収穫機内の調整台まで運ばれずに途中で落ち、また、詰まった株を取り除くために時間を要した。このため、収穫機による収穫には、花蕾の大型化に上限があると考えられた。

カットミスについては、軽微な花蕾切断が見られたが、花蕾の半分以上は損傷がなく、出荷不可となった花蕾はなかった。ただし、切断面が大きいほど劣化による品質の低下のリスクが懸念されるため、カットミスを軽減することを目的として、カットミスが生じにくい花蕾の傾きや花蕾径の大きさなどの生育条件について検討する必要がある。

《試験2》収穫時期

花蕾径は1割区で最も大きかった。これは、2割区に比べて1割区で花蕾14cm未満の花蕾の割合が低く、16cm以上18cm未満の花蕾の割合が高かったためである。また、花蕾重についても1割区で最大であり、花蕾重が大きかった1割区で総収量が最大になったと考えられる。花蕾径が18cmを超える株の割合だけでなく、平均花蕾径も収量に影響を与えると考えられる。

可販収量は、0割区で最も多かった。これは出荷不可となる外品の比率が1割区、2割区と比べて低く、品質が高かったためである。

品質の低下は、収穫時期の低温による凍害、雪害に大きく影響を受けた。播種及び定植時期を前進化させることで、花蕾が大きく、品質の優れたものを収穫でき、1割区及び2割区の外品の割合が低かった可能性がある。

本試験の結果から、秋作では、18cm以上を超える花蕾が1割（30株のうち3～5株）となる場合に収穫することで収量が最大になると考えられる。ただし、花蕾径のバラツキには注意が必要である。また、播種及び定植時期を前進化させ、品質の低下を防ぐ必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

加工用として収益を得るためには単収の増加が必要である。単収の増加のためには、収穫機で収穫可能な花蕾の傾きや花蕾径の大きさに関する検討が必要である。また、収穫適期に収穫した際の経営評価が必要である。

10. 参考写真



写真1 《試験1》機械収穫の様子（秋作、12月20日）
（左：収穫中の機械、右：機械収穫できない大きさの花蕾）



写真2 《試験1》ほ場の様子（秋作、12月20日）



写真3 《試験1》加工用出荷可能な、機械収穫によるカットミス（秋作、12月20日）



写真4 《試験2》等級を落とす原因（秋作、1月9日）
（左：積雪による蕾先端の黄化、右：凍害）

