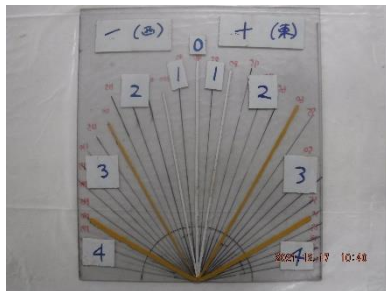


委託試験成績（令和4年度）

担当機関名 部・室名	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 農業研究本部 十勝農業試験場 研究部農業システムグループ								
実施期間	令和4年度								
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	ブロッコリー収穫機の加工業務用一斉収穫体系への適用性検証								
目的	北海道におけるブロッコリーの作付面積は2000年から急激に増加し、2008年以降は2,500ha前後で推移している。今後、農家戸数の減少が予想される中で生産量の維持拡大が求められるが、そのためには機械化が遅れている収穫作業の省力化が必要である。道総研は2018年に一斉収穫に適した品種を選定しているが、省力収穫のためには対応する収穫機が必要と指摘している。 2020年からモニター販売が開始されたブロッコリー収穫機は加工業務用の一斉収穫向けとされている。そこで、加工業務用ブロッコリー一斉収穫体系の構築に向け、一斉収穫に適した品種や栽植方法、収穫調製体系と組み合わせた現地試験を行って作業性能や所要労働力を調査し、加工業務用ブロッコリー一斉収穫体系におけるブロッコリー収穫機の適用性を検証する。								
担当者名	吉田 邦彦								
<p>1. 試験場所：北海道勇払郡むかわ町農家圃場（中粒質グライ化灰色低地土）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>昨年実施できなかった一斉収穫に適した品種（「SK9-099」）による試験から、速度による作業精度への影響を、損傷程度を指標に評価する。</p> <p>（1）供試機 ブロッコリー収穫機 HB1250 前年度の試験結果を踏まえ、詰まりの要因であった搬送部下部の部材形状変更と、損傷対策として搬送部に樹脂ローラを追加した機体を供試した。</p> <p>（2）試験条件</p> <p>ア. 供試圃場 面積 697m²（畦長 176m×畦間 0.66m×6 畦） ※南北方向畦の約 8.6ha 圃場の一部を供試。</p> <p>イ. 供試品種 「SK9-099」（条間 66cm、株間 30cm、5050 株/10a）</p> <p>ウ. 耕種概要及び試験日</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>播種</th> <th>定植</th> <th>培土</th> <th>機械収穫試験※</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5月4日</td> <td>6月7日</td> <td>7月初旬</td> <td>8月1日</td> </tr> </tbody> </table> <p>※農家による同圃場の選択収穫開始：7月30日</p> <p>7月30日から慣行の選択収穫が開始された圃場において、試験区画の6畦を収穫せずに確保し、二日後の8月1日に一斉収穫試験に供試した。</p> <p>エ. 試験処理 精度試験：速度 2（低速～中速、高速の二段階、0.42～1.21km/h）</p> <p>オ. 調査項目 （1）作物条件</p>		播種	定植	培土	機械収穫試験※	5月4日	6月7日	7月初旬	8月1日
播種	定植	培土	機械収穫試験※						
5月4日	6月7日	7月初旬	8月1日						

試験区内で、収穫前の立毛状態での株間、花蕾頂部高、傾き（畦方向および直交方向）を測定した。また、株元の軸中央位置と花蕾頂部位置の畦方向の差を測定し、進行方向を+として畦方向の傾きとした。直行方向の傾きは下写真のようなゲージを株元の軸中央に合わせ、角度に応じて0～±4に指数化*した（下記囲み参照）。調査株は、精度試験で採取される30株中に含まれる連続10株とした。



※直交方向の傾き指数

- 0：直立
- 1：直立～10°
- 2：10～30°
- 3：30～60°
- 4：60～90°

（畦方向（南北）に対し、東を+、西を-とした）

直交方向傾き測定用ゲージ

（2）収穫精度（サンプル採取方法および調査方法）

調査区を所定の速度でノンストップ作業し、搬送部を経て選別部に到達した株をそのままサンプルとして採取した（各試験30株（27～32株））。作業速度は標柱間（間隔9m、約30株分）の通過時間から計測した。取得したサンプルの全てについて寸法（花蕾径、花蕾高、切断部軸径、ドーム下軸長）および重量を測定した。機械収穫により生じた損傷は、前年の基準にならって花蕾側部の欠損、および花蕾の切断を下図の要領で指数化した。

【欠損】（花蕾側部の欠損）

- 0：欠損なし
- 1：片側にひとつ花蕾欠損あり
- 2：両側に各ひとつ、or片側に複数の花蕾欠損あり



【切り傷】（花蕾の切断）

- 0：切り傷なし
- 1：花蕾の軽微な切り傷あり
- 2：花蕾の激しい切り傷あり



図 花蕾の損傷と指数化

（3）作業能率

精度試験と同一の区画で、およそ2秒に1個の花蕾を掘り上げる速度（0.15m/s）で連続作業を実施して、能率を調査した。花蕾の機上調整は行わずに鉄コンテナへ収納し、満載後に鉄コンテナを交換する体系で実施した。作業はオペレータ1名及び機上での収納係2名の計3名体制で、作業開始から終了まで各作業（作業、旋回、移動、コンテナ交換、停止）の時間を測定した。

3. 試験結果

（1）試験時の花蕾サイズは、12～13cm未満のものが最も多く23%（個数）を占めた（表1）。畦直交方向に対する花蕾の傾きは畦の両側にほぼ対称で、±10°の範囲で直立した株が約78%と多くを占め（図1）、畦方向に対しても走行方向の奥側へ1～3cm程度と小さく（データ省略）、全体として直立した状態の花蕾がほとんどであった。株間は31±4cmと、ほぼ均一でばらつきは小さかった。

(2) 損傷としては欠損のみが発生し、切り傷は発生しなかった(表2)。欠損割合は14~48%で高速よりも低速~中速で多く発生する傾向があり、特に欠損2の花蕾は高速では発生しなかった(図2)。欠損1および欠損2のサンプル花蕾径は、欠損0のサンプル花蕾径と比べて偏りは認められず、本試験での花蕾径の範囲においては花蕾径による欠損発生への影響は認められなかった(図3)。また前年度試験と異なり、搬送部下側の部材と根部の接触による詰まりはいずれの速度でも発生しなかった。

低速~中速では外葉が斜めに切断されたサンプルが多発した。外葉カッターとの接触で外葉が押されることで花蕾に回転力が加わり、挟持ベルトに挟持されたままの状態の花蕾が水平方向軸周りに回転することで、挟持されていた花蕾側部がえぐられており、これが欠損の要因となっていた。欠損の少ない高速では搬送部での花蕾同士の間隔が狭かったのに対し、低速~中速では搬送部の速度が掘り上げ速度に対して若干早い調整であったため花蕾の間隔が広がったと推察される。以上から、花蕾同士の支え合いで動きを抑えることが欠損の防止につながると考えられた。

また、高速での3処理(No7、8、9)においては搬送部を最高速として試験を実施したが、最も走行速度の速いNo9では掘り取り部前方の掻き込みが走行速度に対してやや遅く、前方の花蕾を押し倒し気味での収穫となった。掘り取られた時点で花蕾が前方に傾いていたことで挟持ベルト間での搬送姿勢が不安定となり、このことが欠損1の多さ(41%)につながったと推察された。

(3) 能率試験においても前年にみられた搬送部での詰まりは発生しなかったが、途中から降雨となったため鉄コンテナ1基が満載となった時点で作業を中断した。取得した作業時間と前年の能率調査における圃場区画、巡回時間、移動時間等を用いて作業能率を試算したところ、作業能率は2.27a/h、10aあたりの労働時間は13.2人時/10aであった(表3)。『北海道農業生産技術体系第5版』(北海道農政部)における慣行収穫の作業時間36.8人時/10aに対し、約1/3の投下労働時間となった。

4. 主要成果の具体的データ

表1 作物条件(花蕾径分布。太字は最多2サイズ)

花蕾径 (cm)	個数 (個)	割合 (%)	重量 (g)	収量 (kg/a)
8未満	3	1	701	1.3
8~9未満	14	5	4809	8.8
9~10未満	21	8	9160	16.9
10~11未満	42	16	20233	37.2
11~12未満	46	17	24975	45.9
12~13未満	62	23	37349	68.7
13~14未満	43	16	27659	50.9
14~15未満	21	8	14707	27.1
15以上	14	5	11274	20.7
合計	266	100	150867	277.5
M(8~10未満)	35	13	13969	25.7
L(10~11未満)	42	16	20233	37.2
2L(11~13未満)	108	41	62324	114.7
3L(13以上)	78	29	53640	98.7

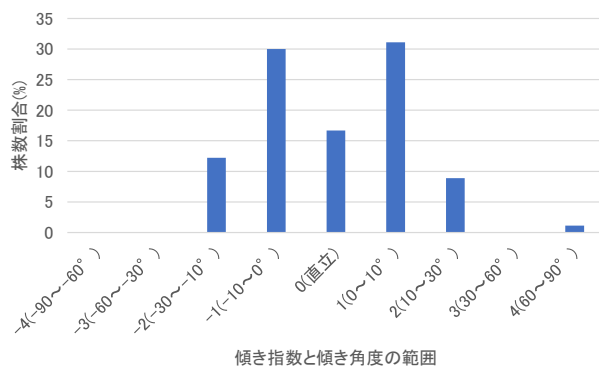


図1 作物条件(花蕾の畦直交方向傾き。指数のプラスは東、マイナスは西を表す。)

表2 作業精度試験結果

試験No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
処理速度	(m/s)	低速 0.12	低速 0.14	低速 0.15	中速 0.16	中速 0.17	中速 0.18	高速 0.30	高速 0.31	高速 0.34	
	(km/h)	0.42	0.50	0.53	0.57	0.63	0.66	1.09	1.12	1.21	
走行前 (10株平均)	株間	(cm)	30	30	31	31	31	30	33	31	31
	花蕾頂部高	(cm)	26	26	26	27	27	28	25	26	27
	直行方向の傾き指数 ^{※1}		-0.9	-0.7	-0.8	-0.2	0	0.2	1.1	0.9	0.3
	畦方向の傾き ^{※2}	平均 (cm)	2.4	-0.4	5.2	2.6	2.1	4.1	2.2	1	0.6
	最大 (cm)	5	6	11	6	5	8	6	3	6	
収穫サンプル (約30株平均)	花蕾寸法	花蕾径 (cm)	11.6	11.2	12.5	11.7	11.5	11.6	12.1	12.1	13.2
		花蕾高 ^{※3} (cm)	17.6	18.1	19.8	18.8	18.2	17.8	17.0	18.6	18.8
		軸径 (cm)	4.7	4.5	4.8	4.8	4.8	5.0	4.7	4.8	5.2
		ドーム下軸長 (cm)	11	15	12	12	13	13	13	14	15
		重量 (g)	514	596	633	559	577	575	521	554	576
損傷割合	欠損 (搬送部)	0 (%)	53	69	60	52	70	70	86	84	59
		1 (%)	37	31	33	45	27	30	14	16	41
		2 (%)	10	0	7	3	3	0	0	0	0
		1+2 (%)	47	31	40	48	30	30	14	16	41
	切り傷 (外葉カット)	0 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	
		1 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	

※1 各試験区での加重平均。 ※2 株元中央に対する花蕾頂部の進行方向奥側(+),または手前側(-)への傾きを示す。
 ※3 収穫サンプルにおける軸切断面から花蕾頂部までの高さ。

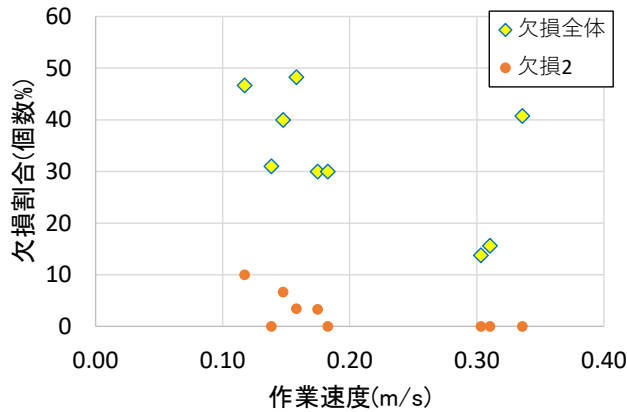


図2 作業速度と欠損割合

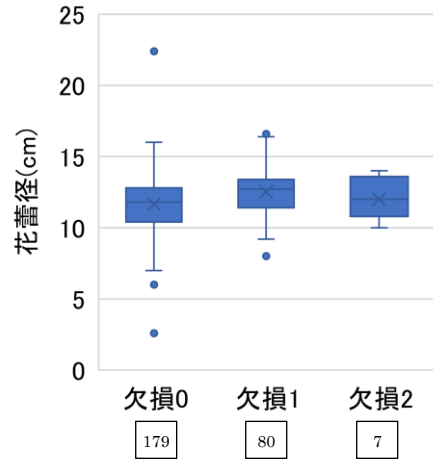


図3 欠損と花蕾径 (囲み内の数字は個数を示す)

表3 作業能率と投下労働時間^{※1}

作業 人員 (名)	総作業 時間 (分)	作業内訳					平均 作業速度 (m/s)	作業 能率 (a/h)	10a当 作業時間 (h/10a)	10a当 労働時間 (人時/10a)
		作業	旋回	停止	移動	コンテナ 交換				
3	57.1	37	3	0	19	13	0.15	2.27	4.41	13.2

※1 今年度の調査と令和3年度の調査結果に基づく試算

5. 経営評価

選別部における鉄コンテナへの花蕾収納作業は、概ね毎秒1個の花蕾を収穫する速度(0.26m/s)の令和3年度では限界に近く、令和4年度は2秒に1個の収穫となる速度(0.15m/s)であり作業に余裕があった。投下労働時間はそれぞれ慣行36.8人時/10aの1/4(令和3年度)、1/3(令和4年度)と2カ年いずれも短縮されており(表4)、導入による省力化が期待できる。

負担面積と利用経費は、0.26m/sでは19.8ha・27,458円/10a、0.15m/sでは13.1ha・41,731円/10aと計算され(表4、図4)、現状では共同利用や組織経営体での利用が適する。加工業務

用ブロッコリーの生産体系は確立されておらず、規模や損益についてはまだ明らかではないため、今回の利用経費から経済性評価を行うことはできないが、今後の生産体系構築に向けた目安のひとつとして有用である。

表4 2カ年の作業能率に基づく負担面積と10aあたり利用経費

			R4能率(中)	R3能率(高)	備考
①	購入価格	(円)	9,328,000	9,328,000	(株)ヤンマーアグリHPより
②:①×0.227	年間固定費	(円)	2,117,456	2,117,456	北海道農業生産技術体系第5版(北海道農政部)におけるキャベツ収穫機の固定費率22.7%を適用
③	時間あたり変動費	(円/h)	5,791	5,791	免税軽油、潤滑油、オペレータ1名、補助2名 ^{※1}
④	作業能率	(a/h)	2.27	3.45	各年の試験結果
	作業速度	(m/s)	0.15	0.26	〃
	投下労働時間	(人時/10a)	13.2	8.7	
⑤	日作業時間	(h/日)	6	6	想定される実作業時間
⑥:④×⑤	日あたり面積	(a/日)	13.62	20.7	
⑦	収穫可能日数	(日)	95.85	95.85	道央(札幌)での収穫期間(6/10-10/25)における作業可能日数 ^{※2}
⑧:⑥×⑦	負担面積	(ha/年)	13.05	19.84	各能率における収穫期間中フル稼働時の負担面積
((②+⑧)+(③/(④/100)))/10		面積あたり利用経費 (円/10a)	41,731	27,458	

※1 オペレータ賃金は『令和2年産米生産費・北海道』(農水省)における家族労働費の平均、補助作業者賃金は雇用労働費の平均とした。
 ※2 期間中日数に、札幌の月別機械作業日数率(『北海道における農業機械導入の手引き』(北海道農業改良普及協会))を掛けて求めた。

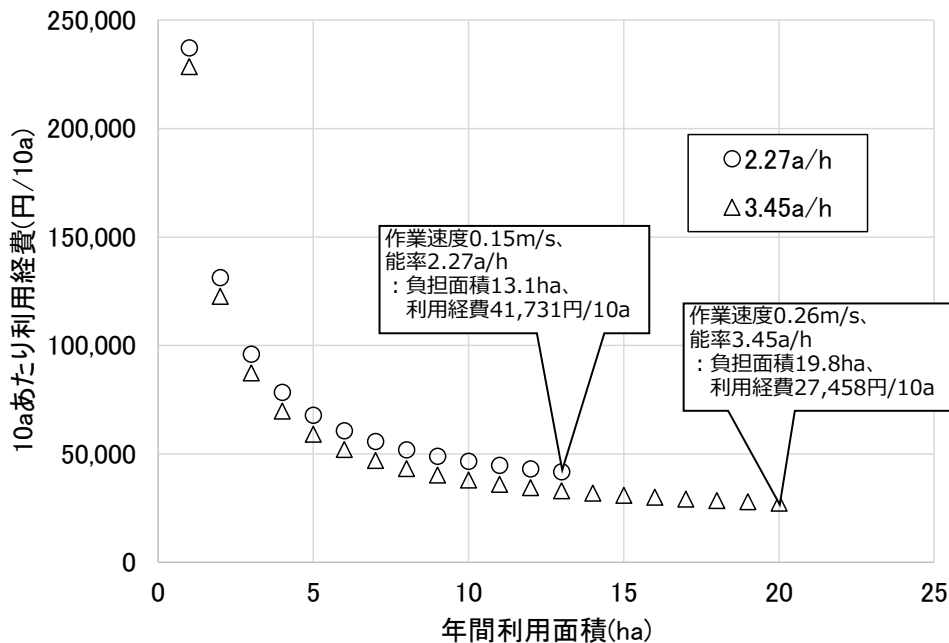


図4 2カ年の作業能率に基づく年間利用面積と10aあたり利用経費
 (『北海道における農業機械導入の手引き』(北海道農業改良普及協会)に基づく)

6. 利用機械評価

欠損発生のおよむ大きな要因は搬送部で挟持されたまま花蕾の姿勢が動き、花蕾側部がえぐられることであり、操作時は搬送部で花蕾の間隔が狭くなるように、拾い上げ速度に合わせて挟持ベルトの速度を調整し、安定した花蕾の搬送姿勢を保つことが欠損の防止に重要といえる。また、掘り取り部での掻き込み速度を超える走行速度でも搬送姿勢に影響を及ぼすため、株間と掻き込み速度を考慮して走行速度を決める必要がある。今年度試験の結果から、これらを適切に調整することで損傷率を15%程度に抑えることが期待できる。

また機械の利用法としては一斉収穫の他にも選択収穫後の掃除掘り体系の可能性はあるが、掘り上げ時の株間が不揃いになることで搬送部での間隔も不揃いとなり、損傷のリスクが考えられる。

7. 成果の普及

作業精度試験の結果は、更なる損傷低減に向けた機体改良の参考情報として活用が望ましい。負担面積や利用経費については導入計画時の参考とできるとともに、今後の加工業務用ブロッコリー一斉収穫体系の構築に資する。

8. 考察

前年度に詰まりの原因であった搬送部下の部材は形状が改善され、花蕾根部との接触はみられなかった。しかし今年度は花蕾高の低い「SK9-099」を供試したことから、部材と接触するような茎長の長い品種の場合には前年度のような現象が起きる可能性がある。根部と部材の接触は、外葉カッターと外葉の接触と同様に花蕾姿勢の不安定化、欠損の発生につながるため、適用品種や作物条件には十分な留意が必要である。

9. 問題点と次年度の計画

供試機による損傷の程度は本課題期間中に大きく低減されたが、更なる向上が期待される。また今後の体系化に向けては、実需での損傷果の評価、および許容される範囲を明らかにし、機械収穫による製品率や収益性の提示が求められる。

10. 参考写真



写真1 供試圃場（試験当日。ほぼ直立）



写真2 傾いて外葉が切られたサンプル



写真3 搬送部下側の部材の改良

（左写真：今年度、右写真：前年度。今年度は前年度よりも深い形状で、やや後退した位置に取り付け）

