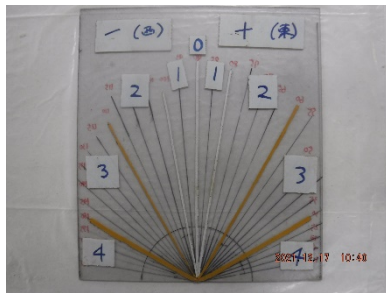


委託試験成績（令和3年度）

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（典型湿性火山放出物未熟土）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>同一圃場内・同一作期の作物を供試して、異なる日に一斉収穫することで異なる花蕾径での機械収穫を実施し、作物条件（花蕾径、姿勢）と速度による作業精度への影響、及び供試機による作業能率を明らかにする。</p> <p>(1) 供試機 ブロッコリー収穫機 HB1250</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 供試圃場</p> <p>面積 863m<sup>2</sup>（畦長 109m×畦間 0.66m×6 畦×2 収穫日） ※南北方向畦の約 1.9ha 圃場の一部を供試。同一圃場内、供試 12 畦以外については 10 月 12 日から農家慣行の選りどり開始。</p> <p>イ. 供試品種</p> <p>品種：「沢ゆたか」（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>7月14日</td> <td>8月12日</td> <td>9月6日</td> <td>一回目:10月15日 二回目:10月18日</td> </tr> </tbody> </table> <p>※農家による同圃場の選りどり開始:10月12日</p> <p>10月12日から慣行の選りどりが開始された圃場において未収穫の試験区画を12畦確保し、10月15日に青果用を想定した一斉収穫試験を行い、その後同一圃場でさらに3日間花蕾を肥大させて加工用を想定した一斉収穫試験を実施した（供試畦は各6畦ずつ）。</p> <p>エ. 試験処理</p> <p>精度試験：花蕾径 2（青果用、加工用）、速度 0.51～1.19km/h 能率試験：花蕾径 2（青果用、加工用）、速度約 0.9km/h</p> <p>オ. 調査項目</p> <p>(1) 作物条件</p> <p>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。花蕾の畦方向傾きは軸中央位置と花蕾頂部位置の差とし、進行方向を+とした。直交方向の傾きは下写真のようなゲージを株の根元に合わせ、角度に応じて0～±4に指数</p>		播種	定植	培土	機械収穫試験※	7月14日	8月12日	9月6日	一回目:10月15日 二回目:10月18日
播種	定植	培土	機械収穫試験※						
7月14日	8月12日	9月6日	一回目:10月15日 二回目:10月18日						

化<sup>\*</sup>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。



直交方向傾き測定用ゲージ

※Wb7日<sup>レ</sup>KB<sup>②</sup>燈(月)cmmA

■ ▮ ▯ ▰ ▱ ▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▮ ▯ ▰ ▱ ▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▯ ▰ ▱ ▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▰ ▱ ▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▱ ▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▲ △ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

△ ▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▴ ▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▵ ▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▶ ▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▷ ▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▸ ▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▹ ► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

► ▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▻ ▼ ▽ ▾ ▿

▼ ▽ ▾ ▿

▽ ▾ ▿

▾ ▿

▿

⊥ 夫<sup>レ</sup>KB<sup>②</sup> 勢<sup>①</sup> 勢<sup>②</sup> 勢<sup>③</sup> 勢<sup>④</sup> 勢<sup>⑤</sup> 勢<sup>⑥</sup> 勢<sup>⑦</sup> 勢<sup>⑧</sup> 勢<sup>⑨</sup> 勢<sup>⑩</sup> 勢<sup>⑪</sup> 勢<sup>⑫</sup> 勢<sup>⑬</sup> 勢<sup>⑭</sup> 勢<sup>⑮</sup> 勢<sup>⑯</sup> 勢<sup>⑰</sup> 勢<sup>⑱</sup> 勢<sup>⑲</sup> 勢<sup>⑳</sup> 勢<sup>㉑</sup> 勢<sup>㉒</sup> 勢<sup>㉓</sup> 勢<sup>㉔</sup> 勢<sup>㉕</sup> 勢<sup>㉖</sup> 勢<sup>㉗</sup> 勢<sup>㉘</sup> 勢<sup>㉙</sup> 勢<sup>㉚</sup> 勢<sup>㉛</sup> 勢<sup>㉜</sup> 勢<sup>㉝</sup> 勢<sup>㉞</sup> 勢<sup>㉟</sup> 勢<sup>㊱</sup> 勢<sup>㊲</sup> 勢<sup>㊳</sup> 勢<sup>㊴</sup> 勢<sup>㊵</sup> 勢<sup>㊶</sup> 勢<sup>㊷</sup> 勢<sup>㊸</sup> 勢<sup>㊹</sup> 勢<sup>㊺</sup> 勢<sup>㊻</sup> 勢<sup>㊼</sup> 勢<sup>㊽</sup> 勢<sup>㊾</sup> 勢<sup>㊿</sup>

### (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（29～31 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、花蕾上外葉長）および重量と、機械収穫により生じた損傷を調査した。損傷は当日の発生状態（花蕾側部の欠損、および花蕾の切断）を鑑み、下図の要領で指数化した。

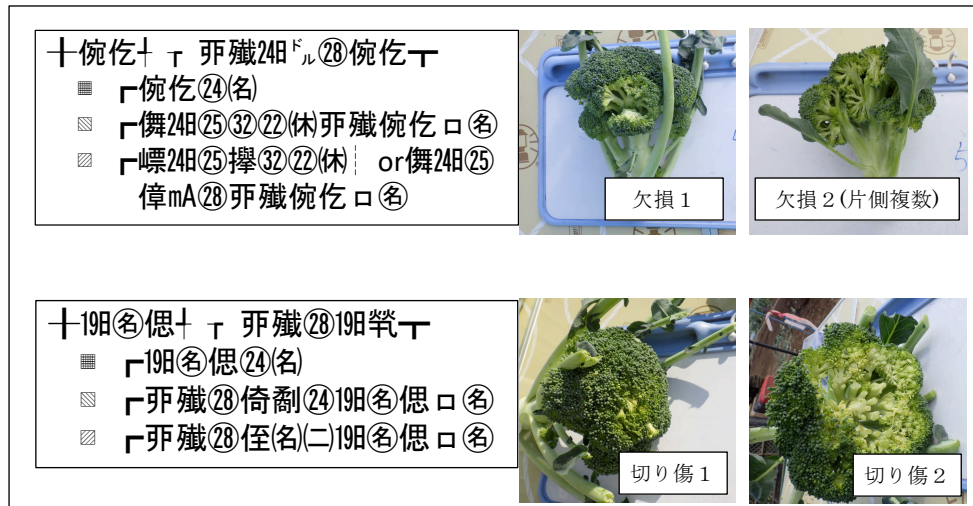


図 花蕾の損傷と指数化

### (3) 作業能率

一回目試験、二回目試験とも、それぞれ畦長 109m の 3 畦を供試して連続収穫作業を行い、能率を調査した。供試機で掘り上げ選別部まで搬送された花蕾は機上調整を行わず、そのまま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。また、フォークリフトによるコンテナ交換を圃場端で行うため、本試験では圃場端と圃場内部の移動時間を評価に含めることとした。作業はオペレータ 1 名及び機上での収納係 2 名の計 3 名体制とした。この体系で作業開始から終了まで、各作業内訳（作業、旋回、移動、コンテナ交換、停止）の時間を測定し、作業能率を求めた。

### 3. 試験結果

(1) 一回目試験の花蕾サイズは 10～11cm 未満のものが最も多く、19%（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、直立～±10° の株が 39%、±10～±30° の株が 58% を占め、直立から 30° を超えて傾いた株はほとんど見られなかった（図 1）。畦方向に対しては、やや北側（精度試験での進行方向手前側）に傾いた株が多かった（データ省略）。株間は 27±4cm であった。二回目試験では全体的に 2cm 程度肥大し、12～13cm 未満および 13～14cm 未満のものが多かった（いずれも 23%、表 1）。畦直行方向に対する花蕾の

傾きは、直立～±10°の株が29%、±10～±30°の株が63%であり、特に-10～-30°は47%と多くを占め、さらに-30～-60°の大きく傾いた株が8%と、一回目と比べて畦の西側（指数の一方、精度試験での進行方向右側）に傾いた花蕾が多くみられた（図1）。畦方向に対しては、一回目よりもやや大きく北側に傾いており（データ省略）、二回目試験は一回目より花蕾の傾きが大きい条件であった。株間は27±5cmと一回目試験よりわずかにばらつきが大きかった。

(2) 一回目試験における花蕾損傷は、欠損1と欠損2の合計が42～79%、切り傷1と切り傷2の合計が0～3%で、欠損が多く発生した（表2）。欠損に対する速度や花蕾姿勢、花蕾径（図2）等寸法の影響は判然としなかった。切り傷については発生個数が各試験0～1個と少なかったものの、切り傷2が切り傷1よりも高速で発生していたことから、速度による影響が伺われた。

二回目試験における花蕾損傷は、欠損1と欠損2の合計が27～84%、切り傷1と切り傷2の合計が0～13%で、一回目と同様に欠損の発生が多く、切り傷は一回目よりも多く発生した（表2）。欠損に対する速度や花蕾姿勢、花蕾径（図2）等寸法の影響は、一回目同様に判然としなかった。

切り傷は主に外葉カッタと花蕾の接触で発生したが、二回目試験のNo1においては根切りカッタによると思われる鋭利な切断痕（切り傷2、参考写真3）が3株、10%発生していた。また、切り傷1は花蕾高の高い株で発生した一方、切り傷2は様々な花蕾高の株でみられた（図4）ことから、搬送部で花蕾が切断部（外葉カッタおよび根切りカッタ）に接触するような姿勢となった場合、サイズによらず激しい切断が発生することが伺われた。

また試験中、掘り上げた株の根元が搬送部下部の部材に接触すること、及び速度が0.3m/s付近に上がると搬送部の詰まりが頻繁に発生することが確認された。このことから、速度によって搬送中の株姿勢が乱れ、切り傷が増加していることが推察された。また二回目試験のNo1では、作業速度が0.14m/sと低速にもかかわらず切り傷2が10%と多く発生しており、走行前の花蕾の傾きが他の試験区よりも大きい（直交方向の傾き指数：-2、表2）ことが要因と考えられた。

(3) 能率試験において、一回目、二回目とも搬送部の詰まりによる停止時間が生じ、花蕾の傾きが大きな二回目では詰まりの回数も多かった（一回目：6回、二回目：10回）ため、二回目は速度を抑えた運転となった。なお二回の試験において、いずれも選別部での作業遅れによる速度の低下はみられなかった。

10aあたりの労働時間は8.5～8.9人時/10aであった（表3）。手作業による収穫での労働時間36.8人時/10a（北海道農業生産技術体系（第5版））における収穫株（花蕾径10～11cm）の個数割合を、仮に今回の一斉収穫における規格割合約60%と同程度とすると、供試機での労働時間は手収穫の約1/4となり、大きな省力化の可能性が示された。

#### 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3サイズ）

花蕾径 (cm)	一回目(10/15)				二回目(10/18)			
	個数 (個)	割合 (%)	重量 (g)	収量※ (kg/a)	個数 (個)	割合 (%)	重量 (g)	収量※ (kg/a)
8未満	18	8	4397	11.7	5	2	1168	2.4
8~9未満	25	12	7779	20.6	6	2	1128	2.3
9~10未満	36	<b>17</b>	13620	36.1	12	4	3524	7.3
10~11未満	41	<b>19</b>	18709	49.6	49	<b>18</b>	15593	32.3
11~12未満	36	<b>17</b>	17762	47.1	52	<b>19</b>	17527	36.4
12~13未満	31	15	17268	45.8	62	<b>23</b>	27426	56.9
13~14未満	19	9	11421	30.3	63	<b>23</b>	30790	63.9
14~15未満	2	1	926	2.5	19	7	10828	22.5
15以上	4	2	2319	6.1	5	2	3056	6.3
合計	212	100	94201	249.7	273	100	111040	230.4
M(8~10未満)	61	29	21399	56.7	18	7	4652	9.7
L(10~11未満)	41	19	18709	49.6	49	18	15593	32.3
2L(11~13未満)	67	32	35030	92.9	114	42	44953	93.3
3L(13以上)	25	12	14666	38.9	87	32	44674	92.7

※収量調査面積：一回目37.7m<sup>2</sup>、二回目48.2m<sup>2</sup>

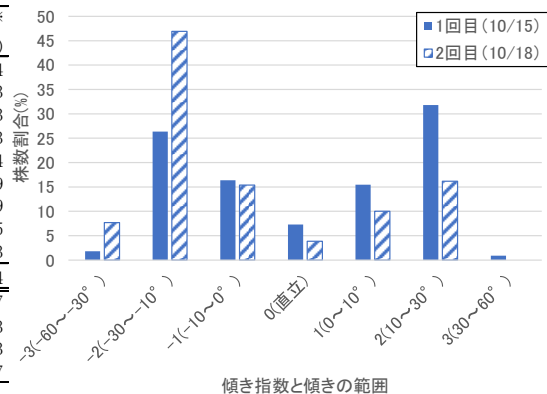


図1 作物条件（花蕾の畦直交方向傾き）

表2 作業精度試験結果

試験日			10月15日							10月18日								
試験No			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9
速度	(m/s)		0.15	0.16	0.20	0.22	0.22	0.25	0.33	0.14	0.14	0.15	0.24	0.24	0.25	0.27	0.28	0.28
	(km/h)		0.54	0.57	0.72	0.79	0.80	0.90	1.19	0.51	0.52	0.52	0.85	0.87	0.90	0.96	0.99	1.01
走行前 (立毛10株)	株間	平均	27	26	27	27	28	27	27	26	27	26	26	26	30	27	26	26
	花蕾頂部高	(cm)	30	29	31	28	29	32	29	31	33	32	32	35	30	36	31	32
	花蕾姿勢	直交方向の傾き指数※1	0.7	1.1	-1.3	1.5	1	-0.1	-1.4	-2.0	-1.3	-1.4	-1.7	0.6	-0.1	0.2	-1.4	0.1
		平均	-2	-1	-1	-1	1	0	-1	-3	-1	-3	-1	-2	-3	0	-1	-1
		最大	-5	-6	-6	-4	14	-3.3	-5	-10	-4	-8	-5	-4	-11	4	-3	7
収穫 サンプル (約30株)	花蕾寸法	花蕾径	10.9	10.5	11.0	11.0	9.8	11.0	9.9	11.6	11.9	11.4	11.7	11.6	12.5	12.5	12.2	11.9
	(平均)	花蕾高※3	19.1	18.3	20.7	18.0	16.8	17.9	18.7	18.4	21.1	18.2	17.1	19.7	19.0	19.3	17.1	19.6
		軸径	4.2	4.0	4.2	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	4.2	4.1	3.7	4.0
		ドーム下軸長※4	13.0	12.6	14.4	11.8	12.6	11.4	13.1	12.3	14.3	12.6	10.6	12.8	12.3	12.8	10.4	12.9
		重量	458	425	526	431	407	431	433	369	456	356	337	415	462	450	367	450
		花蕾上外葉長※5	12.8	15.0	16.3	13.3	15.6	14.2	19.3	18.5	8.8	13.0	5.0	7.3	8.6	8.0	7.8	10.9
	花蕾損傷	欠損0	21	53	39	27	42	45	58	73	35	47	16	45	43	43	40	37
		欠損1	43	27	39	63	32	35	35	17	29	33	52	39	43	53	47	57
		欠損2	36	20	23	10	26	19	6	10	35	20	32	16	13	3	13	7
		切り傷0	100	97	100	97	97	97	100	90	100	97	97	94	100	87	100	93
	切り傷1	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	
	切り傷2	0	0	0	0	3	3	0	10	0	3	0	6	0	10	0	7	
	欠損1+2※6	79	47	61	73	58	55	42	27	65	53	84	55	57	57	60	63	
	切り傷1+2	0	3	0	3	3	3	0	10	0	3	3	6	0	13	0	7	

※1 各試験区での加重平均を示す。 ※2 軸中央と花蕾頂部の畦方向ずれcm。+は進行方向に対して奥側へ、-は手前側への傾きを表す。  
 ※3 収穫サンプルにおける軸切断部から花蕾頂部までの高さ ※4 花蕾下端から軸切断部までの長さ ※5 花蕾上端から上の外葉長さ  
 ※6 エクセルによるroundのため、合計値の最小位が一致しない場合がある。

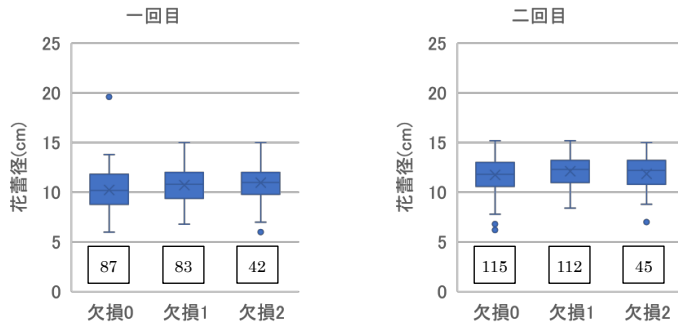


図2 欠損と花蕾径 (左：一回目、右：二回目。囲み内の数字は個数を示す。)

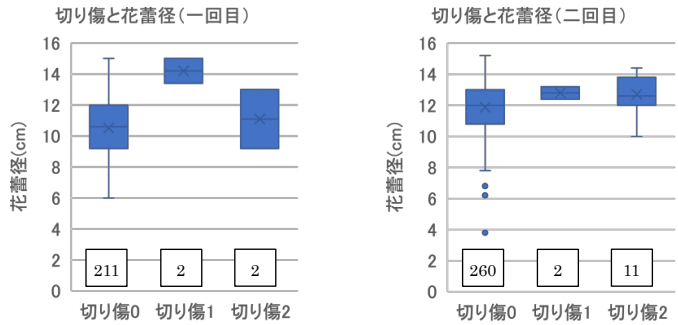


図3 切り傷と花蕾径 (左：一回目、右：二回目。囲み内の数字は個数を示す。)

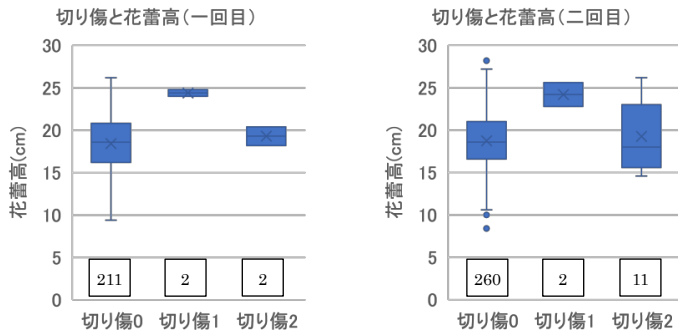


図4 切り傷と花蕾高 (左：一回目、右：二回目)

表3 作業能率と労働時間

日付	作業 人員 <sup>※2</sup> (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 <sup>※3</sup>	停止 <sup>※4</sup>	移動 <sup>※5</sup>				
10月15日(一回目)	3	41.0	47	5	10	24	13	0.28	3.16	
〃(停止を除く)		36.8	53	6		27	14		3.52	2.8
10月18日(二回目)	3	44.7	51	4	14	20	11	0.24	2.90	
〃(停止を除く)		38.4	59	5		23	13		3.37	3.0

※1 作業面積:215.8m<sup>2</sup>(109m×3畦)

※2 内訳:オペレータ1名、選別台での鉄コンテナへの収納役2名

※3 いずれも2回 ※4 試験中、一回目は6回、二回目では10回停止。停止はすべて搬送部の詰まりにより発生。

※5 鉄コンテナ交換に関わる圃場内移動 ※6 いずれも2回交換

## 5. 経営評価

供試機により大きな省力化が期待される。一方、今年度の試験では花蕾側部の欠損が多発したが、その取扱いによって評価は変わるため、損傷要因の解明とともに引き続き検討が必要である。

## 6. 利用機械評価

本試験での損傷発生には、供試機の構造、機構の他に試験時期等の影響も考えられる。引き続き次年度に損傷要因の検討を行う。

## 7. 成果の普及

今後の普及性向上のため、作業精度の結果は機体改良の参考情報としての活用が望ましい。作業能率の結果は、収穫作業計画時の参考とできる。

## 8. 考察

損傷のうち、欠損は花蕾サイズや速度に関わらず全体の3~8割に達した。試験処理(花蕾径、速度)による影響は判然としなかったが、搬送部の動画からは、搬送ベルトで花蕾が外葉の外側から把持された際に、花蕾に葉柄がくい込んだ部分での欠損発生の様子が観察された(参考写真4)。今回の試験時期は新型コロナウイルス感染症の影響等によって10月中旬と遅くなり、欠損発生が気温により影響を受けた可能性も考えられることから、次年度は夏場の試験により再度評価する必要がある。

切り傷の発生には搬送部の構造および速度が大きく関わると考えられた。また、サンプル調査では花蕾サイズによる影響は判然としないものの、激しい切り傷は花蕾サイズの大きな二回目試験の方が多かった。

次年度は以上のような傾向を踏まえ、再度損傷の評価を行う。

## 9. 問題点と次年度の計画

今年度は7月下旬の暑熱による生育不良、および新型コロナウイルス感染症による影響のため、夏場に計画していた収穫試験が10月となり、当初予定していた品種(SK9-099)での試験が実施できなかった。しかし今年度の試験で損傷の要因や傾向に一定の見通しがついたことから、次年度は改めて品種をSK9-099とし、損傷を中心として適用性の検証を継続する。



10. 参考写真



写真1 供試圃場 (10/18撮影)



写真2 二回目試験供試畦の一部 (10/18撮影)  
(写真右が北。北西方向への花蕾傾きが目立つ)



写真3 切り傷2における切り口の違い例

(左(二回目、試験No7)は外葉カッターで、右(二回目、試験No1)は根切りカッターによる切断と思われるもの)



写真4 搬送部における欠損発生状況の例

(左写真矢印部分：花蕾への葉柄食い込み、右写真矢印部分：食い込んだ後が欠損している)