

委託試験成績（令和6年度）

担当機関名 部・室名	鹿児島県農業開発総合センター 園芸作物部・農機研究室
実施期間	令和6年度～令和7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	加工・業務用ハクサイの機械収穫技術の確立
目的	ハクサイ収穫作業は多労を極め、現在収穫機（HH1400）が実用化されているが、適応性が低い品種、作型がある。そこで、収穫機を導入するために必要な技術的課題について、機械的側面と栽培的側面から解決を図り、加工・業務用ハクサイ機械収穫技術を確立する。
担当者名	鹿児島県農業開発総合センター園芸作物部農機研究室 研究専門員 黒木栄一、室長 溜池雄志

1. 試験場所 鹿児島県農業開発総合センター（鹿児島県南さつま市）

2. 試験方法

(1) 供試機械名 はくさい収穫機 HH1400

(2) 試験条件

ア. 圃場条件 腐植質普通黒ボク土

イ. 栽培等の概要

品 種 名 「黄ごころ 85」、「黄楽 70」

播 種 期 令和6年8月19日

移 植 期 令和6年9月13日

収 穫 期 令和6年12月3日、11日

施 肥 N:P:K=14:14:14kg/10a（基肥オール 14 100kg/10a）

播 種 30角セルトレイ 128穴

栽植様式 畝幅 60cm、株間 45cm（3,700株/10a） 使用移植機：PW10

ウ. 試験区の構成

品 種	形 状	収 穫 時 期	収 穫 (生育期間)	切 断 位 置
黄ごころ 85	円筒型	11月下旬 12月上旬	75日、85日	浅切 28mm 深切 35mm
黄楽 70	砲弾型	11月下旬 12月上旬	70日、75日	浅切 28mm 深切 35mm

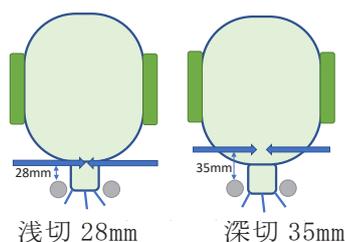


図1 ハクサイ切断位置（ガイドバーから切断刃までの距離）

エ. 調査項目

- 収穫時調査 : 形状、株重、草丈、葉数、株径、茎部径、引抜抵抗、切断抵抗、根部重
- 収穫時調査 : 株重、草丈、株径、外葉数、ハクサイ損傷状況

3. 試験結果

(1) はくさい収穫機 HH1400 の概要

はくさい収穫機 HH1400 は、搬送部先端に取付けられた掘取り刃がハクサイの根を切り浮かせ、上部ベルトで左右から結球部を挟持し、さらに茎部を下部ベルトで挟持して後方に搬送する。搬送時に上下のベルト速度差でハクサイの姿勢を制御しながら、搬送中に茎部を1対の回転刃で切断する(写真4~7)。搬送ベルトから、選別コンベアに落下したハクサイは作業員により外葉を除去され、基部を切り揃えられ、機体後部に搭載された鉄コンテナに人力で収納される。鉄コンテナの有効容積が充填された時点で、ローダに装着したパレットフォークなどで積み下ろしを行う。

作業は、オペレータ1名、ハクサイ調製、収納などを行う補助作業員3名で行う。



はくさい収穫機 HH1400

表1 ヤンマーはくさい収穫機 HH1400 主要諸元

機体寸法	全長(作業時) × 全幅(作業時) × 全高 (mm)	5700 (5750) × 2160 (2610) × 2750
機体質量(重量) (kg)		2600
エンジン	型式名	3TNV86CT
走行部	種類	水冷4サイクル 3気筒立形ディーゼル
	総排気量 (L {cc})	1.568 {1568}
	出力/回転速度 (kW {PS} /rpm)	29.3 {39.8} /2800
	クローラ幅×接地長 (mm) ・ 中心距離 (mm)	500×1726・1075
	走行速度 (m/秒)	低速: 0~0.78、標準: 0~1.44、 走行: 0~2.70
刈取部	刈取条数(条)、適応条間 (mm)	1 600以上
切断部	茎葉切断方式	回転刃(2枚)
荷受部	適応コンテナ最大積載量 (kg)	鉄枠コンテナ(2基) 800
	補助者人数(人)	最大3 (180kg)

(2) 植付作業における畝と苗性状

ア. 畝形状は、畝肩幅 31.4cm、畝裾幅 45.2cm、畝高 14.6cm、畝幅 65cm であった (表 2)。

イ. 移植時の苗性状は、草丈 72mm、胚軸長 17mm、葉長 40mm、葉数 4.2 枚であり、「黄ごころ 85」と「黄楽 70」の品種間差は見られなかった (表 3、写真 1)。移植作業を全自動移植機 PW10 で行い、植付作業時間は 122.9 分/10a、作業精度は株間設定 45cm に対し 45.1cm、適正移植率 97.7% であった (表 4、5、写真 2)。

(3) 生育期の気象条件

ア. 生育期である 9 月から 11 月までの最高気温が、すべての旬で平年を上回った。特に 9 月～10 月の間で平年との差が大きく、9 月 4 半旬が 4.0℃ 高く、9 月 3 半旬が 3.6℃ 高く顕著だった。11 月は平年との差が縮小し、11 月 5 旬で 0.5℃ 高く、11 月 6 旬では 0.6℃ 低くなり、ほぼ平年並みに近づいた。最低気温も平年より高く、夜間の冷え込みが弱かった。特に 9 月 4 旬が 5.1℃ 高くで大きな差が見られ 11 月になると差が縮小し、11 月 5 旬では 1.6℃ 低くなり局所的に平年を下回ったが 11 月 6 旬は 3.2℃ 高くなった (図 2)。生育期の高温により、ハクサイの軟腐病や害虫の発生も多かった。

(4) 収穫時土壌水分

ア. 収穫時の土壌水分調査を行った。12 月 3 日は畝上 5～10cm が 45.9%、10～15cm が 49.2% であり、通路は 5～10cm が 49.2%、10～15cm が 47.7% であった。降雨後で土壌水分は高かったが、収穫作業には問題なかった (表 6)。

イ. 12 月 11 日は畝上 5～10cm が 35.1%、10～15cm が 38.5% であり、通路は 5～10cm が 31.2%、10～15cm が 37.6% であり、収穫作業に問題ない土壌水分状態であった (表 6)。

(5) 収穫時ハクサイ性状

ア. ハクサイ形状の違いによる収穫機への適応性検討のため、円筒型の「黄ごころ 85」と砲弾型の「黄楽 70」を供試した (写真 3)。収穫時のハクサイ性状調査は、圃場で人力により収穫し調製時に外葉を取り除き、基部を包丁で再切断し出荷時の荷姿にして計測した。外葉残り枚数は、調製時に出荷荷姿にするために取り除いた外葉数とした。

イ. 「黄楽 70」の収穫時性状調査を生育期間 81 日の 12 月 3 日と生育期間 89 日の 12 月 11 日に行った。収穫試験が想定より遅れ、適期を過ぎた調査となった。両収穫期 8 日の間で、株重、草丈に変化はなかったが、株径が 1.5% 増加、軸径が 11.5% 増加した。軸長は 0.4% 減少したが、測定誤差の範囲と考えた。外葉残り枚数が 1.0% 減少しており、達観調査で外葉の枯れも確認できたため老化による減少と考えた。引抜抵抗が 1.5% 増加しており、根の発達がわずかに進んだと考えるが、変化量は小さかった (表 7)。

ウ. 「黄ごころ 85」は軟腐病の発生により欠株が多発した。収穫時性状調査を生育期間 81 日の 12 月 3 日と生育期間 89 日の 12 月 11 日に行った。両期間の 8 日間で、株重は 2.8kg から 3.8kg へ 1.0kg の 35.7% 増加、草丈は 34.4cm から 37.2cm へ 2.8cm 高くなり 8.1% 増加、株径は 19.6cm から 21.2cm へ 1.6cm 大きくなり 8.2% 増加した。軸径は 29.1mm から 29.0mm、軸長は 23.5mm から 23.3mm、外葉残り枚数は 11.2 枚 から 11.1 枚となり、ほぼ変化はなかった。引抜抵抗は 156.8N から 192.5N へ 35.7N 抵抗値上がり 22.8% 増加した (表 8)。

(6) ハクサイ機械収穫結果

ア. 今回の収穫調査では、形状の異なる円筒型の「黄ごころ 85」と砲弾型の「黄楽 70」を2回に分けて収穫する計画であったが、「黄ごころ 85」は軟腐病の発生により欠株が多発したため、参考データとした。ハクサイの形状の違いが、機械収穫に与える影響は確認できず、両品種ともに機械収穫が可能であった。品種形状の違いはあるが、挟持する位置は両品種とも円筒型であるため、機械収穫における差がなかったと考えた。「黄ごころ 85」は欠株が多い状態で機械収穫を行ったが、拾い残しや詰まりも発生せず収穫可能であった。

イ. 機械収穫調査は、オペレータ 1 名、作業員 3 名で行い、損傷調査のために補助作業員による調製は行わず、機械上部に搬送されたハクサイをそのまま鉄コンテナに収納する方式とした。作業速度は 0.3m/秒に設定し、基部の切断高さを 2 水準の浅切 28mm、深切 35mm として作業した (図 1、写真 8、9)。浅切、深切の記載数値は、ガイドバー上部から切断刃までの距離とした。収穫時ハクサイ性状調査は、人力収穫後に出荷に適した荷姿へ調製したハクサイを測定した。

ウ. 「黄楽 70」の 12 月 3 日機械収穫調査の作業速度は 0.22m/秒であった。機械収穫後のハクサイ株重は、収穫時の 3.6kg に対して、浅切では 3.0kg、深切では 2.8kg となった。草丈は、収穫時の 33.4cm に対して浅切では 32.4cm、深切では 31.4cm となった。株径は、収穫時の 19.6cm に対して浅切、深切ともに 17.5cm となった。外葉残り枚数は収穫時の 10.2 枚に対して、浅切では 5.0 枚、深切では 4.4 枚となった (表 9)。

エ. 「黄楽 70」の 12 月 11 日機械収穫調査の作業速度は 0.27m/秒であった。機械収穫後のハクサイ株重は、収穫時の 3.6kg に対して、浅切では 3.1kg、深切では 2.7kg であり、深切は株重減少が大きく、収穫損失が発生したと考えた。草丈は、収穫時の 33.4cm に対して浅切では 32.3cm 減少、深切では 31.3cm であった。株径は収穫時の 19.9cm に対して浅切では 17.9cm、深切では 17.6cm であった。外葉残り枚数は収穫時の 10.1 枚に対して、浅切では 4.9 枚、深切では 4.1 枚となった (表 10)。

オ. 「黄楽 70」の 12 月 3 日機械収穫時の損傷状況把握のため、斜切りや切りすぎについて調査した。収穫機の切断刃によりハクサイ下部が過剰に切断されていないものを正常、下部が切られすぎて、中肋などに欠損があるものを損傷とした (写真 10)。浅切では正常 92.2%、損傷 7.8%、深切では正常 83.9%、損傷 16.1%となった (表 11)。浅切と比較して深切の損傷率は増加した。12 月 11 日機械収穫時のハクサイ損傷状況は、浅切では正常 78.3%、損傷 21.7%、深切では正常 70.6%、損傷 29.4%となった (表 12)。浅切と比較して深切の損傷率は増加した。

4. 主要成果の具体的データ

表 2 畝形状

畝肩幅 (cm)	畝裾幅 (cm)	畝高 (cm)	畝幅 (cm)
31.4	45.2	14.6	65

表3 苗性状

草丈 (mm)	胚軸長 (mm)	葉長 (mm)	葉数 (枚)
72	17	40	4.2

※調査株は、300株

表4 全自動移植機による移植作業時間

供試機		全自動移植機 PW-10	
畝幅・株間		60cm・45cm	
作業人員		1名	
有効作業速度	(km/h)	1.2	
有効作業量	(a/h)	6.8	
作業能率	実作業	(min/10a)	88.1
	旋回・回行	(min/10a)	23.8
	補給	(min/10a)	11.0
	計(分)	(min/10a)	122.9
ほ場作業量	(a/h)	4.9	
ほ場作業効率	(%)	71.7	

表5 移植後の株間と適性植付

株間 (cm)	適性植付 (%)
45.1	97.7

※調査株は、数600株

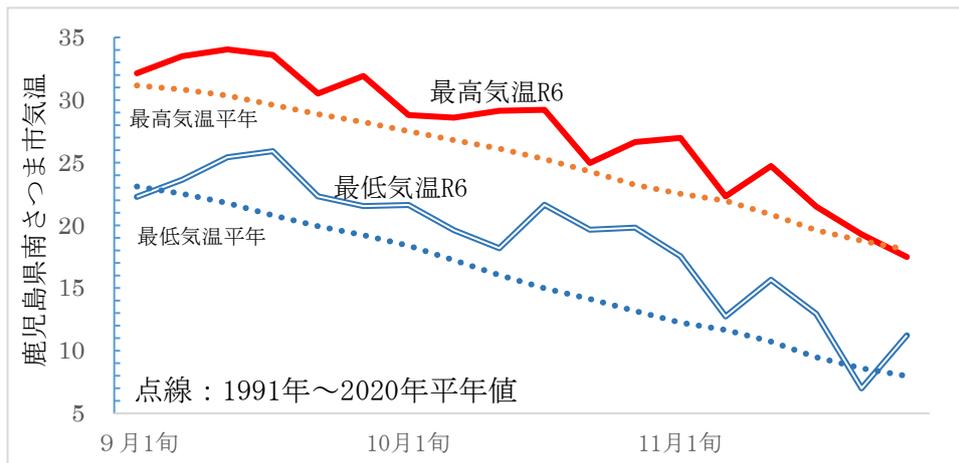


図2 生育中の気温

表6 収穫時土壌水分

	12月3日		12月11日	
	5～10 (cm)	10～15 (cm)	5～10 (cm)	10～15 (cm)
畝上 (%)	45.9	49.2	35.1	38.5
通路 (%)	49.2	47.7	31.2	37.6

表7 「黄楽70」の収穫時性状

調査日	株重 (kg)	草丈 (cm)	株径 (cm)	軸径 (mm)	軸長 (mm)	外葉残り (枚)	引抜抵抗 (N)
12月3日	3.6	33.4	19.6	31.3	24.3	10.2	132
12月11日	3.6	33.4	19.9	34.9	24.2	10.1	134
変化量	0	0	0.3	3.6	-0.1	-0.1	2
増減率 (%)	0	0	1.5	11.5	-0.4	-1	1.5

※生育期間：12月3日は81日、12月11日は89日 10株調査

収穫時性状：ハクサイを人力で収穫し出荷に適した荷姿に調整後の数値とした

表8 「黄ごころ85」の収穫時性状

調査日	株重 (kg)	草丈 (cm)	株径 (cm)	軸径 (mm)	軸長 (mm)	外葉残り (枚)	引抜抵抗 (N)
12月3日	2.8	34.4	19.6	29.1	23.5	11.2	156.8
12月11日	3.8	37.2	21.2	29.0	23.3	11.1	192.5
変化量	1.0	2.8	1.6	-0.1	-0.2	-0.1	35.7
増減率 (%)	35.7	8.1	8.2	-0.3	-0.9	-0.9	22.8

※生育期間：12月3日は81日、12月11日は89日 8株調査

収穫時性状：ハクサイを人力で収穫し出荷に適した荷姿に調整後の数値とした

表9 「黄楽70」の12月3日収穫調査

	株重 (kg)	草丈 (cm)	株径 (cm)	外葉残り (枚)
収穫時	3.6	33.4	19.6	10.2
浅切 28mm	3.0	32.4	17.5	5.0
深切 35mm	2.8	31.4	17.5	4.4
収穫時→浅切の変化	-0.6	-1.0	-2.1	-5.2
収穫時→深切の変化	-0.8	-2.0	-2.1	-5.8

※作業時の作業速度は、0.22m/s n=80

表 10 「黄楽 70」 の 12 月 11 日収穫調査

	株重 (kg)	草丈 (cm)	株径 (cm)	外葉残り (枚)
収穫時	3.6	33.4	19.9	10.1
浅切 28mm	3.1	32.3	17.9	4.9
深切 35mm	2.7	31.3	17.6	4.1
収穫時→浅切の変化	-0.5	-1.1	-2.0	-5.2
収穫時→深切の変化	-0.9	-2.1	-2.3	-6.0

※作業時の作業速度は、0.27m/s n=80

表 11 「黄楽 70」 の 12 月 3 日収穫時の損傷率

	正常 (%)	損傷 (%)	合計 (%)
浅切 28mm	92.2	7.8	100
深切 35mm	83.9	16.1	100

n=80 ※ハクサイ下部が過剰に切れている個体を損傷とした

表 12 「黄楽 70」 の 12 月 11 日収穫時の損傷率

	正常 (%)	損傷 (%)	合計 (%)
浅切 28mm	78.3	21.7	100
深切 35mm	70.6	29.4	100

n=80 ※ハクサイ下部が過剰に切れている個体を損傷とした

5. 経営評価

本年度は、機械動作評価のため全体の作業時間等の調査を行っていない。次年度は、ハクサイ生産者圃場で、事前準備、補助作業者の調製、荷降ろしまで含め調査を行う。機械収穫と、慣行人力収穫作業との比較し経営評価を行う予定である。

6. 利用機械評価

はくさい収穫機 HH1400 を使用し円筒型の「黄ごころ 85」と砲弾型の「黄楽 70」の収穫調査を行った。「黄ごころ 85」は欠株が多い状態での収穫であったため達観での調査とした。両品種とも拾い残し、搬送部への詰まりなどは発生せず収穫作業が可能であった。上下搬送ベルトの速度調整が切断精度に影響し、斜め切りによる損傷が発生すると考えられる。

7. 成果の普及

次年度の現地試験の結果とあわせ検討を行う。

8. 考察

ア. ハクサイ形状の違いによる収穫機への適応性検討のため、円筒型の「黄ごころ 85」と砲弾の「黄楽 70」を供試した。生育期は高温が続き軟腐病や害虫の発生も多く「黄ごころ 85」は欠株が多かったため、収穫機調査は「黄楽 70」で行った。達観調査ではあるが、ハクサイ形状の違いによる機械収穫作業への影響はなかった。機械収穫時に、搬送ベルトが挟持するハクサイ部位は、両品種ともに円筒形であったため差がなかったと考えた。

イ. はくさい収穫機 HH1400 によるハクサイ収穫作業では、収穫時の詰まりや停止もなくスムーズに作業を行うことが可能であった。

ウ. 基部の切断高さを 2 水準の浅切 28mm、深切 35mm として作業を行った。浅切よりも深切の株重、草丈、株径の減少が大きかった。

12 月 3 日調査では、出荷荷姿にするために調製した外葉残り枚数は、収穫時の 10.2 枚に対して、浅切では 5.0 枚、深切では 4.4 枚となった。浅切では切断時に外葉が 5 枚程度脱落し、調製によりさらに 5 枚の外葉が除去されたと考えた。深切では外葉残り枚数は 4.4 枚であったが、浅切と比較して株重等の減少の発生があることから、外葉が脱落した後の切りすぎにより損傷した葉をさらに 4.4 枚除去しとことで収穫損失が発生したと考えた。損傷率についても浅切 7.8%、深切 16.1% となり深切の損傷割合が高かった。

浅切の損傷率は低いですが、外葉残り枚数があるため機械後部のハクサイ調製に時間がかかり、作業速度の低下につながる事が予想された。深切では、外葉残り枚数が少なく調製時間は短くなるが、損傷した葉の除去により収穫損失が起きたと考えた。そのため適正な切り高さについて、品種や収穫時期に対応した検討を行う必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

本試験では 12 月の年内収穫で行ったが、高温のために軟腐病と害虫の発生が課題となったため、加工用ハクサイとして品種間差や機械収穫に対する品種適応性と収穫時期のさらなる検討が必要である。はくさい収穫機の事前情報で、株径 35cm 以上の加工用ハクサイでは収穫は困難とのことであったが、今回のハクサイは株径 20cm 程度であったため大玉での検討が必要となった。

次年度は、現地生産者の圃場で、実際の収穫作業での稼働調査を行い、調製、収納、移動まで含めたデータを収集するとともに機械を使用した生産者からの意見を聞き取る予定である。

10. 参考写真

写真1 ハクサイセル苗



写真2 全自動野菜移植機 PW10



写真3 上段「黄ごころ 85」、下段「黄楽 70」



写真4 ハクサイ収穫機 HH1400



写真5 ハクサイ収穫作業



写真6 搬送部先端掘取り刃



写真7 基部切断刃



写真8 浅切 28mm 切断基部



写真9 深切 35mm 切断基部



写真10 斜め切の損傷株

