

背景及び取組概要

<経営概要 18.7ha(雪下にんじん:1ha、キャベツ:13ha、アスパラガス:3.2ha、ユリ球根:1.5ha)
うち実証面積 雪下にんじん:0.17ha、キャベツ:13ha>

- 津南町では高齢化等により国営農地開発畑での園芸生産が減少しているなかで、スマート農業技術や大型機械等を利用した省力化を進め、雪下にんじんと加工用キャベツの大規模生産体系の確立を目指す。
- ① 雪下にんじん、キャベツの各栽培工程において、ロボットトラクター(耕耘)、ドローン(センシング)、ラジコン除草機(畦畔除草)などのスマート農機を活用するとともに、大型収穫機等を利用することで労働時間の削減や収量の向上を図る。
- ② さらに、キャベツでは環境モニタリングによる最適な育苗管理や雪室活用による長期出荷、雪下にんじんでは収穫前の除雪作業の省力化や収穫の精度向上を目指す。

導入技術

ロボットトラクター

- ・ 無人耕耘等による作業を効率化



耕耘・施肥

ラジコン除草機

- ・ ラジコン除草機による畦畔除草を省力化・軽労化



除草

センシングドローン

- ・ モニタリングにより効果的な追肥や収穫適期を検討



生育
モニタリング

大型収穫機

- ・ 大型収穫機を活用して収穫作業を効率化



収穫

(実証全体成果) 目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

- 1 雪下にんじんの生産性(収益)向上 98,200円/10a(労働時間の37.2%削減と収量の11%向上)
 - ・労働時間の削減による効果 38.2hr削減(103.0→64.7hr) $38.2\text{hr} \times @1,000\text{円/hr} = 38,200\text{円}$
 - ・収量の増加による効果 400kg(3,600→4,000kg) $400\text{kg} \times @150\text{円/kg} = 60,000\text{円}$
- 2 キャベツの生産性(収益)向上 54,600円/10a(労働時間の43.9%削減と収量の11%向上)
 - ・労働時間の削減による効果 23.5hr削減(53.5→30.0hr) $23.5\text{hr} \times @1,000\text{円/hr} = 23,500\text{円}$
 - ・肥料費の削減による効果 経費(198,000→194,400円) 3,600円/10a
 - ・収量の増加による効果 500kg(4,500→5,000kg) $500\text{kg} \times @55\text{円/kg} = 27,500\text{円}$

各実証項目の現在の達成状況

1 雪下にんじんの生産性(収益)向上

- ①ポテトハーベスターを用いた機械収穫により、労働時間は103hr/10aに対し52hr/10a(49%削減)と大きく削減
- ②一方で機械収穫により、収穫ロスと収穫物の損傷が発生し、加工向け出荷が増えたことで単収が減少
→ 生産性(収益)は+43,500円/10aに留まった。

生産性(収益)向上: $+43,500\text{円} = 51.0\text{hr} \times @1,000\text{円/hr} - 50\text{kg} \times 150\text{円/kg}$
(労働時間削減) (収量の低下)

労働時間: 51hr/10a削減(103hr → 52hr)
単収: 50kg/10a減(3,600kg→3,550kg)

2 キャベツの生産性(収益)向上

- ①労働時間は、は種機、畦立て同時施肥機、移植機、収穫機を用いた一貫体系により、慣行の53.5hr/10aに対して38.2hr/10aとなり、15.3hr/10a(29%)の削減にとどまった。
- ②肥料費は局所施肥により化成肥料の施用量が減少したことで、目標を上回る7,380円/10aが削減
- ③7月の長雨・大雨により薬剤防除が十分できなかったため、ほ場によっては収量が激減し、経営全体の平均収量は3.1t/10aと低下した(なお、実証経営体を除く地域全体の平均収量も約3.0t/10aとなっている)
→ 生産性(収益)は-54,780円/10aと目標を下回った。

生産性(収益)向上: $-54,780\text{円} = 15.3\text{hr} \times @1,000\text{円/hr} - 1,410\text{kg} \times 55\text{円/kg} + 7,380\text{円/10a}$
(労働時間削減) (収量の低下) (肥料費削減)

労働時間: 15.3hr/10a削減
(53.5hr → 38.2hr)
単収: 1.41t/10a減
(4.5t → 3.09t)
肥料費: 7,380円/10a削減

取組概要

- ヤンマーのスマートアシストを利用し、栽培ほ場のマッピング、また、作業の効率化を図るため、ほ場毎の作業管理情報等を入力



- 主要作業等については、スマートフォンで入力しつつ、細かな作業については日誌を併用して作業時間を記録

<スマートフォンでの主な入力の内容>

堆肥散布、耕耘、畦立、定植、防除、収穫、除草等の内容及び作業時間

実証結果

- 雪下にんじん、キャベツの労働時間は、作業日誌を併用したため作業時間の記帳に要する時間はあまり削減できず、労働時間の削減は0.1hr/10aに留まった(目標:雪下にんじん0.5hr/10a、キャベツ0.2hr/10a削減)。

- ・作業毎、ほ場ごとの作業時間は容易に集計され把握できたが、作業進捗管理や作業計画作成には使用しづらい面もあった。
- ・作業日誌も併用したため、作業時間の記帳に係る時間はあまり削減しなかったが、経営データの集計等に係る時間が削減された。
- ・R3実証における雪下にんじんの収量確認(目標100kg増/10a)は4月となるが、降雪前の試し掘りでは肥大良好である。

(実証項目別成果②) 自動走行トラクターの活用による省力化

取組概要

- ロボトラ(113ps、作業幅 2.4m)を利用した無人耕耘とともに、自動操舵システムを利用した畦立・局所施肥作業(作業幅 3.0m)を行い、労働時間や肥料費の削減効果を検討(実証面積: 13.5ha)



実証結果

- 雪下にんじんでは、自動走行トラクターによる耕耘により労働時間は慣行に比べ1.1hr/10a削減され、目標は達成された。

耕耘の作業時間 (hr/10a)

区分	ロボトラ (実証)			④慣行	削減時間	
	①計	②無人	③有人		④-①	④-③
設定	0.06	-	0.06	-		
耕耘	0.25	0.22	0.03	1.2		
計	0.31	0.22	0.09	1.2	0.89	1.11

- キャベツでは自動操舵システムによる畦立・施肥作業で1.0hr/10a削減され、上記の耕耘と合わせて2.1hr/10a削減となり、目標の2.0hr/10a削減を上回り、目標は達成された。

畝立て同時施肥の作業時間 (のべhr/10a) (R2)

作業名	実証	慣行
畝立・施肥	0.8	1.8

実証は作業日誌より。慣行はブロードキャスター、成形機を利用

(実証項目別成果③) 自動走行トラクターの活用による省力化

取組概要

- ロボトラを利用した無人耕耘とともに、自動操舵システムを利用した畦立・局所施肥作業を行い、労働時間や肥料費の削減効果を検討



実証結果

- 肥料費の削減では局所施肥により10a当たり7380円削減され、目標の3600円を上回り、目標は達成された。

キャベツの肥料費 (円/10a) (R2)

資材名	実証	慣行	差
MMB化成	12,300	19,680	-7,380
パワーリン	2,662	2,662	0
ダーウイン	3,696	3,696	0
計	18,658	26,038	-7,380

- 自動操舵システムによる作畦・施肥作業については、作業精度が高く、作業者の疲労度も大きく軽減した。

自動操舵作業者への聞き取り調査

	自動操舵	備考
作業精度 (畦の出来映え)	5 優れる	※ 自動操舵がない場合との比較
身体的疲労	4 やや軽減	直線で均一な作畦 ↓ (その後の)
精神的疲労	5 軽減	定植、中耕が容易で均一な作業が可能

作業精度：1劣る、2やや劣る、3変わらない、4やや優れる、5優れる

身体的疲労および精神的疲労：1増加した、2やや増加した、3変わらない、4やや軽減した、5軽減した

(実証項目別成果④) 除草作業の軽減

取組概要

○ 作業時間の軽減効果を再調査

前年(令和2年度)、作業時間の削減効果が判然としなかったため、より大面積で作業時間を調査(法面勾配30~40度、草高40~100cm)

○ 作業の精度や負担軽減に係る調査

作業負担を作業者に聞き取り調査した。
(刈り払い機に比較して5段階で評価)



作業精度：1劣る、2やや劣る、3変わらない、4やや優れる、5優れる

身体的疲労および精神的疲労：

1増加した、2やや増加した、3変わらない、4やや軽減した、5軽減した

実証結果

- ラジコン除草機の作業時間は10aあたり約1.2hr(74分)となり、刈り払い機(慣行)と比較して作業時間割合は28%となった。目標設定時に慣行作業時間を0.8hr/10aと設定していたため、0.8hr/10aに作業時間割合の28%を乗じ0.22hr/10aと算出した。このため、削減時間は0.58hr/10aとなり、目標を達成した。

刈り払い機とラジコン除草機の作業時間

	刈り払い機	ラジコン除草機
作業エリア	90m×3.4~4m	150m×3.4~4m
労働時間計	83分	41分
実作業時間	73分	41分
休憩時間	10分	-
実作業面積 10a換算	262分	74分
刈り払い機に対するラジコン除草機の作業時間割合(74分/262分)		28%

- 作業負担は、身体的・精神的にも疲労が軽減された。

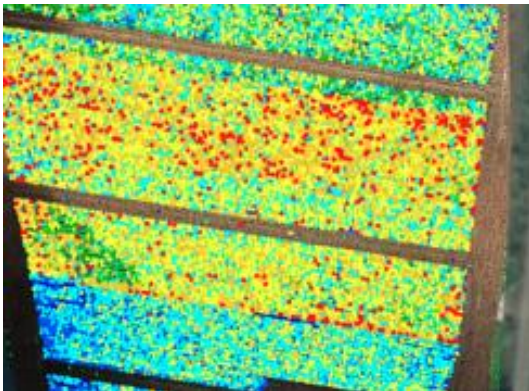
	刈り払い機	RC除草機	備考
作業精度	3	2 やや劣る	○：均一に除草。草を砕く ×：傾斜の角や障害物付近の刈り残し
身体的疲労	3	5 軽減	○：平坦地での操作 ○：日陰があれば、そこで作業可
精神的疲労	3	5 軽減	○：作業事故のリスクが低減 △：石等の障害物に気を遣う

(実証項目別成果⑤) 生育診断の簡便化

取組概要

- 雪下にんじんは、は種後35~40日、50日、70~74日頃に、NDVI解析と生育調査を、キャベツは、定植後3週間及び定植後50~60日頃(収穫前)に生育診断を実施
- キャベツについては、従来のヤンマーアグリジャパン(株)による診断(水稻基準)とともに、新たに(株)スカイマティクスにも診断を依頼し、生育状況による追肥の有無や、収穫適期の判断について検討した。

生育量：青<緑<黄<赤



(株)スカイマティクスによる定植3週間後の生育診断

実証結果

- 雪下にんじんの生育診断では生育が進むにつれ、NDVI値は大きくなり、草丈60cm程度で0.6~0.7となったが、は種後日数とNDVI値の関係は2年間の実証で判断できなかった。
- 一方、上空からの可視画像では生育ムラを把握できるため、部分追肥の判断は可能であった。

生育量とNDVI値

年	は種後	葉数(枚)	草丈(cm)	根重(g)	NDVI	(参考) NDVI
R 2	34日後	3.2	13.0	-		
	49日後	6.4	49.7	-		
	70日後	8.2	67.1	67.8		
	103日後	-	-	129.9	-	
R 3	40日後	4.4	18.2	-		
	50日後	5.9	29.2	-		
	74日後	-	57.9	-		

- キャベツは定植3週間後にドローン空撮により、ほ場全体の生育のバラツキを確認して部分追肥を行い、生育のバラツキを小さくできた。

- 追肥の効果もあって、実証ほ場の収量は4.8t/10aとなり目標を達成できたが、個体認識解析による推定収穫量と実収量には大きな開きがあった。(カメラの画素数やレンズの歪み補正の影響で実個体よりも大きいサイズに認識された。)

解析推定収穫量と実収穫量

面積	解析結果※		収穫結果	
	8.4a	10 a 換算	22 a	10 a 換算
総数	3,793玉	4,515玉		
平均重量	2.09kg			
総収穫量	7,921kg	9.4 t	10,600kg	4.8 t

※ 22 a ほ場のうち8.4 a を解析した

(実証項目別成果⑥) 収穫作業の省力化・軽労化

取組概要

- 令和2年度に除雪実証を行ったほ場において、雪下にんじんの機械収穫実証を行った(実証面積0.2ha、慣行は手掘り収穫)。
- 収穫機にはポテトハーベスターを利用した。

<参考 R2実証>

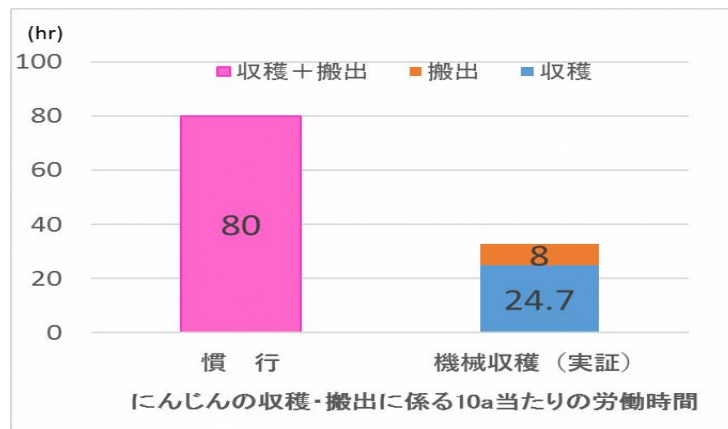
○トラクターアタッチでの除雪機を用いた実証では、従来のバックホーによる除雪に比べ、作業時間は想定以上に削減された。
(作業幅…2.27m)
(目標)0.5hr削減→1.0hr削減/10a

○レベラーを装着して除雪したが、現地の雪質での作業が不慣れだったことや、作業機の自重による沈み込み等もあり、除雪面はやや凸凹となった。



実証結果

- 大型ハーベスターを利用することで収穫作業に係わる労働時間は、慣行手掘りの80hr/10aに対して32.7hr/10a(慣行の約40%)となり、削減時間は47.3hr/10aで目標を上回り、目標を達成した。
- 収量は目標の4t/10aを確保できたが、雪下という条件で湿ったほ場での収穫となったため、土や石の混ざりが多く、損傷によるロスが想定より多くなり、加工向けの出荷が増えた。



10a当たりの収量及び出荷量

	慣行	機械収穫(実証)
収量(kg)	3,890	4,051
出荷量(kg)	3,648	3,107
製品率	94%	77%



にんじん収穫時の損傷

(実証項目別成果⑦) は種の省力化・育苗管理の最適化 (キャベツ)

取組概要

- 令和2年度に引き続き、は種機の利用により作業時間の削減を図った。また、育苗管理の時間削減に向け、手かん水から底面給水による育苗についても実証を行った。
- 併せて、育苗方法の違いによる苗質の状況を調査した。



7月は種作型の定植直前の苗
(左側から手かん水、底面給水、実証農家)

実証結果

- 全自動は種機および底面給水育苗装置の活用により、労働時間は慣行と比較して5月は種で7.8hr/10a、7月播種で7.6hr/10aの削減となり、目標の3.2hr/10a削減を上回り、目標を達成した。
- なお、底面給水による苗質、苗揃いや作業精度の向上効果はみられず、また、定植後の生育や収量にも差がなかったことから、収量向上の効果は特に確認できなかった。

は種・育苗の作業時間 (5月は種、延べhr/10a)

	実証 ①	慣行 ②	削減時間 ②-①
は 種	0.97	4.0	3.0
育 苗	0.4	5.2	4.8
計	1.4	9.2	7.8

実証…全自動は種機及び底面給水育苗装置を使用
慣行…手作業

は種・育苗の作業時間 (7月は種、延べhr/10a)

	実証 ①	慣行 ②	削減時間 ②-①
は 種	0.97	4.0	3.0
育 苗	0.3	4.9	4.6
計	1.3	8.9	7.6

取組概要

- 雪室内で品質低下せずに貯蔵できることが判明したため、令和2年度同様、収穫後1～2ヵ月間保管し、長期出荷につなげていく。
- 地域の飲食店等とも連携して12月までの出荷販売を目指す。



実証結果

- 雪室キャベツは生食用として約67t出荷されたが、市場価格が低く、販売価格は50円/kgと低迷し、目標の5円/kg増(55円/kg→60円/kg)とはならなかった。
- 貯蔵1ヶ月後では外観品質に問題なく、2ヵ月後では外葉の萎れ、黄化が進んだが4～5枚除去すれば出荷可能であった。

出荷姿にするために除去した葉数

	貯蔵直後 (10/25)	貯蔵1ヵ月 (11/25)	貯蔵2ヵ月 (12/24)
除去した葉数	3.8	4.8	4.8

- 貯蔵球の糖度は、どの部位でも貯蔵直後より高くなった。

キャベツの糖度変化

	貯蔵直後 (10/25)	貯蔵1ヵ月 (11/25)	貯蔵2ヵ月 (12/24)
外葉	2.7	3.6	3.2
内葉	5.1	5.7	6.2
芯	3.6	5.1	5.9

(終了時成果(全体)) 実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

作業内容	機械・技術名 (型式等)	技術的な課題
ほ場・作業管理の最適化	ヤンマースマートアシスト	園芸分野への対応 入力方法の改善 (複数資材の入力、複数作業の入力、複数人作業の入力、ほ場の分割)
自動走行トラクターの活用による省力化	ロボットトラクター (YT5113A,YUQR8-R)	設定操作の簡便化 切り返し時のタイヤ痕の解消 衛星受信の改善 (林地きわでの作業)
	自動操舵システム (GFX750)	特になし
除草作業の軽減	ハイブリッドラジコン草刈機 (RJ700)	草に隠れている障害物 (大きな石等) を感知する機能
生育診断の簡便化	ドローン (P4M)	栄養診断の解析技術の向上 個体認識がP Cで即時解析できるようなソフト開発
除雪作業の省力化・精度向上	除雪作業機 (まえむき君 C2250) レーザーレベラー	トラクターや作業機本体の自重による沈込みへの対応
収穫作業の省力化・軽労化	自走式大型ハーベスタ (TPH179)	掘取り時における土石の掘上げ量の低減
播種の省力化・育苗管理の最適化 出荷期間の延長	環境モニタリング装置 (クoppナビ)	特になし

(実証成果(全体)) 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

○ 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

- ① 本実証事業の成果を記載した紹介パンフを作成・配布 底面育苗に係る研究成果の公表(令和4年度予定)
- ② ホームページによる実証技術の紹介(県、町等)
- ③ 国・県・町等の事業を活用してスマート農機等の導入推進

○ 新潟県農林水産部農産園芸課園芸拡大推進室

電話： 025-280-5403

E-mail: ngt060030@pref.niigata.lg.jp

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>