

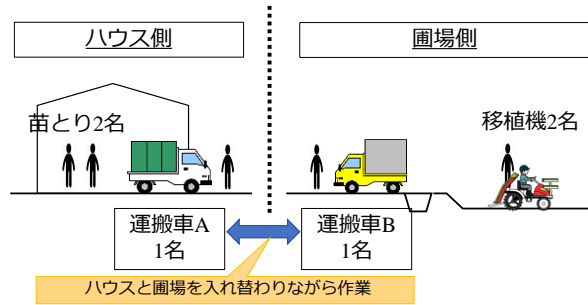
委託試験成績（令和2年度）

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 中央農業試験場 農業システム部農業システムグループ																		
実施期間	令和元年度から令和2年度まで、継続																		
大課題名	I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立																		
課題名	北海道における密苗による水稲移植作業能率向上効果の解明																		
目的	水稲栽培の省力化技術として直播栽培が広がる一方、良食味米の安定生産のため、移植栽培についても省力化が求められている。育苗箱あたりの播種量を慣行よりも増やした密苗は、大区画での移植作業能率の知見が少ないことから、本課題では北海道の大区画水田における移植時の能率向上効果を解明する。今年度は中苗の播種量を北海道慣行に揃えたとともに、移植時の苗掻き取り量を適切に調整し、移植作業能率の向上効果を改めて評価する。																		
担当者名	吉田 邦彦																		
<p>1. 試験場所：夕張郡由仁町中三川 A氏圃場（典型湿性未熟黒ボク土）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>同じ区画形状の2筆でそれぞれ密苗と中苗の移植を実施して作業能率を調査し、密苗による移植能率の向上効果を検討した。</p> <p>(1) 供試機型式 密苗移植機：YR8D（条間33cm）、中苗移植機：RG8（条間33cm）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 供試圃場 面積108.2a（208×52m）×2筆（密苗、中苗とも同区画圃場）</p> <p>イ. 品種及び播種日 品種：「ななつぼし」 播種日：中苗4/22播種、密苗4/30播種 床土資材：自家調整（購入山土+購入ピートモス）</p> <p>ウ. 育苗方法 中苗では4/22の播種後速やかにハウスへ育苗箱を並べ、育苗を開始した。密苗では4/30の播種後に出芽器（約30℃）へ3日間収納した後、5/3に中苗と同じハウスに並べ、その後は同じ管理とした。</p> <p>エ. 作業日および調査日</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>播種</th> <th>代掻き</th> <th>移植</th> <th>生育調査</th> <th>坪刈り調査</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>密苗</td> <td>4月30日</td> <td>5月17日</td> <td>5月20日</td> <td>一回目：6月16日</td> <td>9月23日</td> </tr> <tr> <td>中苗</td> <td>4月22日</td> <td></td> <td></td> <td>二回目：7月10日</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>オ. 試験処理 処理区：密苗移植、対照区：中苗移植</p>			播種	代掻き	移植	生育調査	坪刈り調査	密苗	4月30日	5月17日	5月20日	一回目：6月16日	9月23日	中苗	4月22日			二回目：7月10日	
	播種	代掻き	移植	生育調査	坪刈り調査														
密苗	4月30日	5月17日	5月20日	一回目：6月16日	9月23日														
中苗	4月22日			二回目：7月10日															

カ. 移植時の作業人員および作業手順

人員配置は移植機の機上に2名、ハウスの苗取りに2名と、2台の運搬車に各1名ずつとし、合計6名で作業を実施した。

運搬車から移植機苗台への苗補給（以下単に「苗補給」）は、密苗では移植行程の2往復ごと、中苗では1往復ごとに実施する形とした。また、密苗移植における機上1名（オペレータのみ）・圃場外



1名（運搬車）の体制（以下「ワンオペ」）での作業時間を試算するため、移植作業全行程のうち2往復のみワンオペ作業を実施した。ワンオペ作業は1行程（片道）ごとに圃場端で移植機を停止して、オペレータ自身で苗台から移植部への苗補給（以下「苗つぎ」）を行う手順とした（下記囲み内参照）。

【密苗、機上2名での移植作業手順】

- ① 苗箱補給
- ② 2往復移植（オペレータ）および苗つぎ（搭乗者）
- ※ 苗つぎは走行中に実施
- ①②の繰り返し

【密苗、機上1名（ワンオペ）での移植作業手順】

- ① 苗箱補給
- ② 1行程（片道）移植
- ③ 圃場端で停止して苗つぎ
- ②③を4行程（2往復）実施して、①に戻る作業サイクル
- ※ 試験時は1サイクルのみ実施

【中苗、機上2名での移植作業手順】

- ① 苗箱補給
- ② 1往復移植（オペレータ）および苗つぎ（搭乗者）
- ※ 苗つぎは走行中に実施
- ①②の繰り返し

キ. 調査項目

- (1) 播種量：箱あたりの播種量および粒数
- (2) 播種およびハウス箱並べ作業時間：枚数と時間、人員数
- (3) ハウス内育苗温度：苗近傍温度（10分間隔記録）
- (4) 圃場条件：代掻き日、水深、代掻き程度、耕起深および貫入硬度
- (5) 移植時の苗質：葉齢、草丈、出芽率、マット強度
- (6) 移植精度：スリップ率、平均株間、欠株率、植付姿勢と割合、株あたり苗本数

移植中の駆動輪4回転分の距離を測定し、事前に圃場外（砂利道）で測定した距離を分母としてスリップ率を求めた。密苗・中苗とも2条×10点×3箇所の調査により、平均株間と欠株率、および植付姿勢を調査した。植付姿勢は4段階（90～60°、60～30°、30～0°、倒れ）に分類して計測し、割合を求めた。苗掻き取り設定は、密苗では横送り30回、縦とり量8mmとし、中苗では横送り20回、縦取り量12mmとした。株あたりの苗本数の調査株数は、各100株とした。

- (7) 移植作業能率：作業時間および内訳、苗使用枚数、作業速度

作業開始から終了まで、各作業内訳（移植、旋回、苗補給、移動、停止、苗つぎ）の時間を測定した。苗使用枚数は、積込枚数から終了後の苗残量を差し引いて求めた。作業速度は10m標柱の通過時間を1行程につき2点計測し、密苗・中苗とも18行程での平均値とした。

(8) 運搬車への苗積込労働時間：積込枚数および積込時間

運搬車への積込時間は、積込開始から荷台シート被覆完了までの時間とし、積込枚数および面積あたりの苗使用枚数に基づき労働時間を算出した。

(9) 生育調査 (6/16、7/10) および収量調査 (9/23)

生育調査は密苗中苗とも 2 条×11 株×3 箇所で行った。また密苗中苗とも 3 箇所×45 株で坪刈りを行い、収量と組成を調査した。

3. 試験結果

(1) 乾籾播種量は、密苗 296g/箱、中苗 103g/箱であり、密苗は中苗の約 2.9 倍であった (表 1)。

(2) 播種後の苗箱 1 枚の重量は、密苗 6.1kg、中苗 5.6kg と密苗が 0.5kg 重かったが、苗箱 100 枚あたりの播種作業時間に密苗と中苗での違いはなかった (表 2)。

(3) 育苗期間中、密苗の出芽直後にあたる 5/5~8、および移植直前の 5/14~20 の夜間温度がやや低く推移し、10℃を下回ることがあった (図 1)。出芽率は中苗 97%に対して密苗は 88%とやや低く、密苗は夜間低温の影響を受けたと推察された。移植時の葉齢は密苗 1.7 枚、中苗 2.5 枚であり、いずれも移植に適する葉齢であった (表 3)。

(4) 移植時の水深や代掻き程度などに 2 筆で大きな違いはなく (表 4)、供試圃場としてほぼ同一の条件であった。株あたり苗本数の平均 (±sd) は密苗 5.0±2.1 本、中苗 5.5±2.4 本 (ともに n=100) で両者に有意差は認められず (p<0.01)、ばらつきも同様であった (図 2)。スリップ率は 2 筆とも約 8%であり、面積あたり苗本数は密苗 127 本/m²、中苗 139 本/m²となった。2 筆の面積あたり苗本数の差は 10%未満であり、約 20%の差が生じた前年度よりも本数差は小さかった。植付け姿勢では、密苗中苗とも 90~60° の割合が 90%以上であり大きな違いがなく、浮き苗も認められなかった。以上、植付本数、姿勢ともほぼ同様の精度で 2 筆を移植することができた。

(5) 作業のうち、移植と旋回の時間には密苗中苗で大きな違いはなかった。苗・肥料の補給時間 (回数) は、密苗が 17.5 分 (4 回)、中苗が 32.8 分 (10 回) であり、密苗では補給回数が少ない分、肥料と苗を毎回補給する必要のため 1 回あたりの補給時間は中苗よりも長くなるが、トータルでの補給時間は中苗のほぼ半分 (53%) であった。密苗のワンオペ作業における苗つぎ停止は、2 往復 4 行程で 3 回、合計 3.5 分であった。移植の総作業時間 (停止を除く) は、密苗が 116 分、中苗が 135 分であり、作業能率では密苗 (0.56ha/h) が中苗 (0.48ha/h) を 17%上回った (表 6)。また、密苗ワンオペ作業における総作業時間は 142 分、作業能率は 0.46ha/h と計算された[※] ことから、作業者を 3 名から 2 名へと 1 名削減しても、中苗移植の作業能率 (0.48ha/h) とほぼ同等の移植が可能であることが明らかとなった (表 7)。

※) 密苗の 3 名体制での苗補給時間の 3/2 (17.5 分×3/2=26.3 分) を 2 名体制での苗補給時間とし、苗補給 4 回の前後に合計 5 回の苗つぎ時間 (3.5 分×5) を加算した。

(6) 播種から移植までの能率調査結果に基づく労働時間の合計は、密苗 8.62 人時/ha、密苗ワンオペ 7.64 人時/ha、中苗 14.64 人時/ha であり、密苗の導入により中苗比 52~59 に削減できることが示された (表 9)。特に機械移植の場面では、苗箱使用枚数の違いだけでなく、能率を中苗移植並みに維持しながら作業人員を 1 名削減し、投下労働時間を短縮できることが明らかとなった。

(7) 草丈および茎数について、中苗は生育期間中を通じて調査区間のばらつきが小さかったのに対し、密苗では茎数が少なく推移した区があった (表 10、密苗③)。移植時の株あたり苗本数には差が認められなかったことから、密苗では移植後の生育が中苗よりも不均一であったことが伺われた。密苗の精玄米収量は 748kg/10a と、中苗の 671kg/10a に対して 11%高収であったが、標準偏差は中苗 55kg/10a に対して密苗 98kg/10a と、密苗ではばらつきが大きかった。玄米組成では容積重、千粒重とも中苗と同等

であった（表11）。以上のとおり、密苗では収量、品質とも中苗と遜色のない結果が得られたが、生育収量ともばらつきが大きく、また前年度結果において密苗収量が中苗よりも4%少なかったことを考慮すると、密苗の収量は中苗と同程度だが、安定性では中苗が優ると推察された。

（8）調査農家での実績に基づいて、水稻移植面積を20haとした場合^{※※}の育苗資材（苗箱、培土および覆土、薬剤、育苗ハウス）を検討した結果、密苗導入に伴う苗箱使用枚数の減少により、種子を除く資材費は中苗の約4割となった（表12）。

※※）上川・空知振興局（富良野地域を除く）の2030年における1戸あたり田面積の予測値平均15～24haに基づく面積（「2015農林業センサスを用いた北海道農業・農村の動向予測」p31（北海道立総合研究機構農業研究本部、H30.2））。

4. 主要成果の具体的データ

表1 播種量調査結果

	播種日	①	②	①/②	苗箱種子サンプル調査 ¹⁾		
		乾粒重量 (kg)	苗箱枚数 (枚)	播種量 (g/箱)	容積 (ml)	粒数 (粒)	催芽粒重量 (g/箱)
密苗	4月30日	50	169	296	538	10961	387
中苗	4月22日	45	439	103	187	3872	135

1)3箱調査の平均値

表2 播種およびハウス箱並べ労働時間

	播種 ¹⁾					ハウス箱並べ ²⁾			
	① 播種 箱枚数 (枚)	② 作業 時間 (分)	③ 作業 人員 (人)	④: $100 \times (②/60) / ①$ 100枚当 作業時間 (h/100枚)	⑤: $③ \times ④$ 100枚当 労働時間 (人時/100枚)	⑥ 作業 時間 (分)	⑦ 作業 人員 (人)	⑧: $100 \times (⑥/60) / ①$ 100枚当 作業時間 (h/100枚)	⑨: $⑦ \times ⑧$ 100枚当 労働時間 (人時/100枚)
密苗	166	21.0	4	0.21	0.84				
中苗	436	53.7	4	0.21	0.82	55.5	5	0.21	1.06

1) 全体管理1名、苗箱準備および資材補給2名、苗箱積込1名

2) 5名で床土均し、床土シート敷設、箱並べ、シルバー被覆を実施(中苗のみ調査)

苗箱重量:密苗6.1kg/箱、中苗5.6kg/箱(各5枚平均)

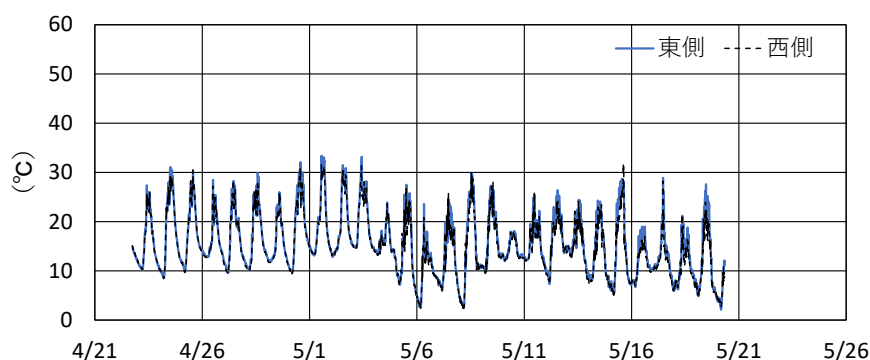


図1 育苗期間中のハウス内（苗近傍）温度推移

表3 移植時の苗質

	育苗日数 (日)	葉齢 (枚)	草丈 (cm)	第1鞘高 (cm)	葉色 ¹⁾	出芽率 (%)	マット強度 (kgf)	乾物重 (DMg/100本)
密苗	20	1.7	9.0	3.8	3.9	88.1	2.5	3.4
中苗	28	2.5	10.3	3.2	4.4	96.9	2.3	3.8

1)「葉色カラースケール(水稲用)」(富士平工業製)に基づく

表4 圃場条件

	代掻き日	移植日	代掻き		耕起深直下の	
			水深 (mm)	程度 ¹⁾	耕起深 (cm)	貫入硬度 (MPa)
密苗	5月17日	5月20日	2.3	2	12.5	1.40
中苗	5月17日	5月20日	2.0	2	14.2	1.68

1)高さ1mからゴルフボールを落下したときの埋没程度の指数(1~4)

1:ボールが上に見える、2:地面と同じ高さ、
3:地面からやや沈む、4:ボールが見えない

表5 機械移植精度

	設定 株間 (cm)	スリップ 率 (%)	実測 株間 ¹⁾ (cm)	栽植 密度 ²⁾ (株/m ²)	株あたり 欠株率 (%)	株あたり 苗本数 ³⁾ (本/株)	面積あたり 苗本数 (本/m ²)	(参考) R1年度 本数	植付姿勢の割合 ¹⁾ (%)			
									90° ~60°	60° ~30°	30° ~0°	倒れ
密苗	12.5	7.5	11.9	25.5	0.0	5.0±2.1	127	118	98	2	0	0
中苗	12.5	8.2	12.0	25.3	0.0	5.5±2.4	139	99	93	5	2	0

1)密苗中苗とも2条×10点×3箇所調査

2)条間33cm

3)密苗中苗とも100株調査

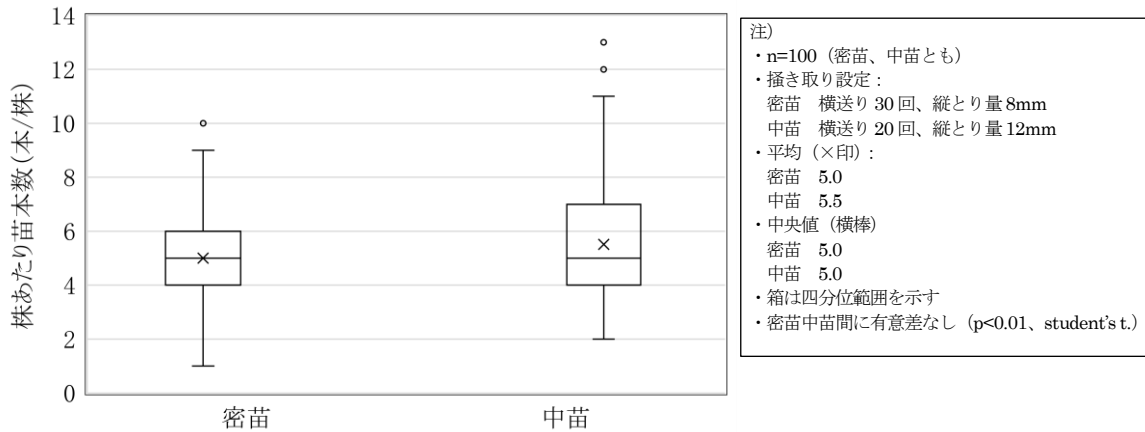


図2 移植時の株あたり苗本数の箱ひげ図^{注)}

表6 移植作業の調査結果¹⁾

作業	密苗		中苗	
	時間(分)	行程数、回数	時間(分)	行程数、回数
移植 ²⁾	80.5		85.0	
(内訳)				
長辺行程	77.8	21行程	81.6	21行程
短辺行程	2.2	2行程	2.7	2行程
圃場角行程	0.6	3回	0.7	4回
旋回	12.7		12.8	
(内訳)				
180度	9.0	19回	8.4	18回
90度	3.7	8回	4.4	8回
苗・肥料補給	17.5	4回	32.8	10回
(内訳)				
苗箱のみ	2.6	1回	16.5	6回
苗箱+肥料	15.0	3回	16.3	4回
停止	21.7		6.8	
(内訳)				
確認、調整等	11.8		5.6	
会話、打合せ	6.4		1.2	
ワンオペ苗つぎ	3.5	2往復で3回	0	
移動	5.3		4.6	
合計時間	137.7		142.0	
全体				
停止を除く	116.0		135.2	
作業能率	0.56	中苗比	0.48	100
(ha/h)		117		
停止を除く				
苗箱使用枚数	163枚(15.1枚/10a)		423.5枚(39.2枚/10a)	
燃料消費量(L/10a)	0.59		0.62	

1) エクセルROUNDのため、少数第1位の合計が一致しない場合がある

2) 平均作業速度:密苗0.91m/s、中苗0.87m/s

表7 移植作業能率と労働時間

作業	総作業 人員 ¹⁾ (名)	総作業 時間 (分)	作業内訳(%) ²⁾				移動	作業 能率		ha当 作業時間 (h/ha)	ha当 労働時間	
			移植	旋回	苗・肥料 補給	ワンオペ 苗つぎ		(ha/h)	中苗比		(人時/ha)	中苗比
密苗	3	116	69.4	10.9	15.1		4.6	0.56	117	1.79	5.36	86
密苗ワンオペ ³⁾	2	142	56.7	8.9	18.5	12.1	3.8	0.46	96	2.17	4.35	70
中苗	3	135	62.9	9.5	24.3		3.4	0.48	100	2.08	6.25	100

1) 3名の内訳(密苗中苗とも):運搬車1名、移植機2名(オペレータと苗つぎ要員)

2名の内訳(密苗ワンオペ):運搬車1名、移植機1名(オペレータ)

2) エクセルROUNDのため、小数第1位の合計が一致しない場合がある

3) 補給は3名での時間×1.5を2名での時間とした。苗つぎ時間は、表6の2往復での苗つぎ時間×5回(密苗でのトータル苗補給4回の前後に挿入)とした。

表8 運搬車への苗積込労働時間

作業	積込 人員 (名)	積込 枚数 ¹⁾ (枚)	積込 時間 (分)	100枚当		ha当積込労働時間 ²⁾	
				積込労働時間 (分/100枚)	(人時/100枚)	(人時/ha)	中苗 比
密苗	3	166	8.7	5.3	0.26	0.40	39
中苗	3	300	15.8	5.3	0.26	1.03	100

1)密苗:2トラック1台、

中苗:2トラックおよび軽トラック各1台への積込枚数

2)苗使用枚数:密苗151枚/ha、中苗392枚/haから計算

表9 播種～移植に係る労働時間（人時/ha）

	密苗	密苗 (ワソヘ)	中苗	備考
苗使用枚数(枚/ha)	151	151	392	移植実績
播種	1.27	1.27	3.22	表2の100枚当播種労働時間×苗使用枚数
ハウス箱並べ	1.60	1.60	4.15	表2の100枚当たり箱並べ労働時間×苗使用枚数
運搬車への苗積込	0.40	0.40	1.03	表8(苗積込労働時間)より
機械移植	5.36	4.38	6.25	表7(機械移植労働時間)より
合計(人時/ha)	8.63	7.65	14.65	
(中苗比)	59	52	100	

表10 生育および収量¹⁾

調査区	草丈		茎数		穂数		1穂	総	籾	不稔	稔実	粗玄米	精玄米 ²⁾
	7/10	9/23	6/16	7/10	9/23	穂数	籾数	籾	歩合	籾数	収量	収量	収量
	(cm)		(本/m ²)		(粒/本)	(千粒/m ²)	(kg/10a)	(%)	(千粒/m ²)	(kg/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)	中苗比
密苗①	51	78	8	28	34	55	48	1130	11	43	941	857	
密苗②	51	74	6	28	35	52	47	992	11	41	814	715	
密苗③	53	83	4	22	18	82	38	958	11	34	785	670	
平均	52	78	6	26	29	63	44	1026	11	39	847	748	111
sd	1	5	2	3	10	17	5	91	0	5	83	98	
中苗①	53	73	12	31	35	53	47	959	11	42	794	723	
中苗②	54	73	11	27	36	51	47	837	11	42	691	613	
中苗③	54	74	9	28	35	53	46	912	13	40	755	677	
平均	54	74	11	29	36	52	47	903	12	41	747	671	100
sd	1	0	2	2	1	1	0	61	1	1	52	55	

1) 籾収量は水分14.5%、粗玄米および精玄米収量は水分15%の値

2) 精玄米:>1.9mm

表11 組成分析結果

調査区	玄米組成			容積重 (g/L)	千粒重 (g)	青米 (%)
	>1.9mm	1.9~1.7mm	1.7mm>			
	(%)					
密苗①	91	7	2	853	21	15
密苗②	88	10	2	860	21	12
密苗③	85	12	3	859	21	16
平均	88	10	2	857	21	14
中苗①	91	8	1	859	21	12
中苗②	89	10	2	861	21	8
中苗③	90	9	2	859	21	13
平均	90	9	1	860	21	11

1) >1.9mm(精玄米)での値。容積重、千粒重は水分10.4%

表12 20haあたりの育苗資材使用量¹⁾（種子を除く）と価格

資材		密苗	中苗	備考
苗箱	使用量	(枚/10a)	15.1	39.2 試験結果より
		(枚/20ha)	3020	7840
	価格	(¥/20ha)	498,300	1,293,600 税込単価¥165/枚
育苗培土、覆土	使用量	(kg/20ha)	15100	39200 5kg/箱 ²⁾
	価格	(¥/20ha)	755,000	1,960,000 税込単価¥50/kg
殺虫剤 (パウチ箱粒剤)	使用量	(kg/20ha)	151	392 50g/箱
	価格	(¥/20ha)	336,126	872,592 税込単価¥2,226/kg
育苗ハウス	棟数	(棟/20ha)	2.4	6.2 1280枚/棟 ³⁾
	価格	(¥/20ha)	2,904,000	7,502,000 税込単価¥1,210,000/棟 ⁴⁾
資材合計		(¥/20ha)	4,493,426	11,628,192
		中苗対比	39	100

1) 資材と使用量は、調査農家での実績に基づく

2) 播種時の実測重量から、苗箱重量(0.7kg)と種子重量を除いたおおよその使用量

3) 8枚×160列(4.8m×48m)で整列

4) 間口6.3m、奥行50m、高さ3.2m、パイプ径25.4mm、スパン0.6mでの税込概算価格例(施工費別)

5. 経営評価

大区画圃場（約1ha）での移植において、密苗の導入により慣行体制（移植機2名、圃場外1名）での移植作業能率17%向上、および慣行能率での移植機1名削減（ワンオペ体制）が可能であることが示された。今回の結果により、従来から密苗導入のメリットとされている資材費削減に加え、移植作業に係る人件費削減にも寄与すると評価できる。

6. 利用機械評価

密苗移植機の移植精度は良好であるが、大区画、長時間の作業に対してはオペレータへの疲労蓄積により、能率や直進性に影響を受けることが考えられた。

7. 成果の普及

本成果の情報は、メーカーの普及資料を通じて生産現場での活用に資する。また、成果は令和3年度の北海道農業試験会議（成績会議）に提案予定。

8. 考察

苗箱の使用枚数は密苗が15.1枚/10a、中苗が39.2枚/10a（表6）で、供試した8条用移植機における苗箱の搭載枚数は最大56枚（植付部16枚、苗台5段で40枚）であることから、今回の移植条件では密苗の場合に圃場面積およそ37aまで苗補給なしで移植することができる。圃場区画が大きくなるほど苗補給回数は増えるため、北海道における密苗による移植作業能率の向上効果は、区画の大きさの違いから府県の場合よりは低いと考えられるものの、1ha程度の圃場でも17%の能率向上が可能であり、作業時間の短縮に有効である。また機上作業者を削減してワンオペ体制とすることで、投下労働時間と人件費の削減も期待できることから、今後予想される大規模化と人員不足への対応技術として積極的な普及が望まれる。

9. 問題点と次年度の計画

大区画圃場の移植では長時間の直進作業を行うため、作業後半や複数筆移植など多くの作業をこなすことで、オペレータの疲労によって次第に能率や直進精度の低下が生じる恐れがあった。このため、今後は自動操舵田植機での密苗移植による省力効果を解明する必要がある。

10. 参考写真



写真1 運搬車への密苗積込



写真2 密苗移植時調査 (スリップ率)



写真3 生育状況 (8/31。左が密苗)