

委託試験成績（令和元年度）

担当機関名 部・室名	地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所 作物部
実施期間	平成29年度～令和元年度、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	寒冷地における密苗・疎植による低コスト水稻栽培技術の確立
目的	水稻生産に占める育苗～田植えにかかる労力やコストは大きく、省力・低コスト化にはこれらの作業の軽労化が望まれる。本研究では、単位面積当たりの使用育苗箱の削減を目指し、寒冷地における密苗と疎植栽培を組み合わせた作業体系を確立する。
担当者名	農林総合研究所 作物部 研究管理員 木村 利行
1. 試験場所	青森県産業技術センター農林総合研究所内試験圃場 試験1：北A5～7（各10a）、試験2：北A16（2a）
2. 試験方法	<p>[試験1：密苗×疎植による生育、収量]</p> <p>1箱当たり播種量を乾籾300gとした密苗を用いて、栽植密度を坪当たり70株、50株、37株の3段階に設定して移植作業を行い、各区の生育と収量等を比較した。対照区では、乾籾130g播種の中苗を坪当たり70株設定で移植した。作期は5月上、中、下旬とした。</p> <p>[試験2：密苗における老化の影響]</p> <p>箱当たり乾籾量を250g、300g、育苗期間を15日、20日、25日、30日として、密苗の老化が移植苗ならびに移植後の生育、収量について調査した。</p> <p>(1) 供試機械名 ヤンマー 乗用田植機 YR8D、密苗キット（爪） MN-YR8 スズテック 厚播き用ホッパー FR300 (研究所が所有する播種機に組み合わせて使用した)</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 沖積・軽埴土</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>品 種 名 まっしぐら</p> <p>耕 起 ロータリー、5上：5月1日、5中：5月13日、5下：5月22日</p> <p>代 掻 き ドライブハロー、5上：5月7日、5中：5月17日、5下：5月28日</p> <p>選 種 風選</p> <p>種子消毒 スポルタックスターナSE、200倍・24時間浸漬</p> <p>浸 種 水に7～10日間</p> <p>催 芽 32℃でハト胸状態になるまで約18時間加温</p> <p>播 種 試験1： 密苗 5上（4月15日）、5中（5月2日）、5下（5月8日） 対照 5上（4月4日）、5中（4月15日）、5下（4月26日） ※箱当たり乾籾播種量は密苗が300g、対照が130g</p> <p>試験2： 育苗15日（5月9日）、20日（5月4日）、25日（4月29日）、 30日（4月24日） ※箱当たり乾籾播種量は250g、300g 灌水時に「とかすだけ」（g/箱：N-P-K=2.5-2.5-2.5）、タチガレエースM液剤（1cc/箱）、ダコニール1000（1cc/箱）を灌注。</p>

育 苗	試験 1：播種後は出芽器による加温は行わず、大型育苗施設内に平置きしてシルバーポリトウ（#90）で出芽揃期まで被覆。 試験 2：播種後は出芽器により 30℃で 2 日間加温出芽した後、大型育苗施設内に平置き。
施 肥	試験 1：穂肥 1 回体系で基肥 (kg/a：N-P-K=0.5-1.0-1.0)、追肥 (kg/a：N=0.2) を施用した。追肥は幼穂形成期に行った。 試験 2：は全量基肥で 5 月 2 日に「てまいらず A」 (kg/a：N-P-K=0.8-1.07-0.8) を施用した。
移 植	試験 1：5 月 10 日（5 上）、5 月 21 日（5 中）、5 月 31 日（5 下） 栽植密度 (株/m ²) 21、15、11
除 草	試験 1：5 上区及び 5 中区はメルタス 1 キロ粒剤、5 下区はアップレ Z フロアブルを移植後 7 日頃に散布
水 管 理	移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理した。
病虫害防除	ラブサイドフロアブル（7 月 31 日）、スタークルメイト液剤 10（8 月 19 日）

3. 試験結果

(1) 試験 1：密苗×疎植による生育、収量

密苗区の移植苗は、苗長が 10.9～15.8cm、葉齢が 2.1～2.2 葉で、対照区よりも苗長が 4cm 程度短く、葉齢が 0.6～1.0 枚少なかった（図表略）。なお、密苗区では播種後の加温出芽を実施しなかったが、出芽の揃いは良好であった。移植苗のマット形成は良好で、移植作業に支障がなかった。

10 a 当たりの移植苗箱数は、密 70 区が 9.6 箱（4.2 本/株）、密 50 区が 7.3 箱（4.6 本/株）、密 37 区が 5.7 箱（4.9 本/株）であった。密苗区における移植時の欠株率は、1%前後であった。5 中区では除草剤による薬害症状が散見され、中苗区に比べて密苗区で欠株と生育抑制の発生が多かった（写真 4）。

幼穂形成期の m² 当たり茎数は、各作期で有意差が認められなかった。葉色値は、密 70 区が他区に対して低い傾向であった。出穂期は、対照区よりも密 70 区が 1～4 日遅く、疎植条件ではさらに 1～2 日遅くなる傾向であった。

各作期における密苗による疎植区の収量は、前年度試験と同様、対照区との有意差が認められなかった。ただし、5 中区は、除草剤の薬害により初期生育が劣ったことで、対照区に比べて密苗区の減収程度が大きい傾向であった。

3 か年・7 事例における密 70 区と対照区の生育、収量を比較した結果、密 70 区の移植苗は対照区に比べて 1 葉程度少なく、幼穂形成期の生育量は同等で、出穂期が 3 日程度遅く、収量及び玄米品質はほぼ同等であった。

(2) 密苗における老化の影響（試験 2：密苗老化試験）

密苗の苗質は、育苗日数が長いほど草丈が長く、葉齢が多く、茎葉重が重くなる傾向であった（表 4）。窒素吸収量には処理間による有意差は認められず、播種後 15 日から 30 日までの窒素吸収量の増加程度は小さかった。また、茎葉重が重いほど窒素含有率が低い傾向であった（図 1）。移植苗の第 1 葉目の葉身は、育苗日数が 25 日を過ぎた頃から葉の縁が黄化し始め、30 日目には褐色を呈した。

分けつ発生始期頃の茎数は、2017 年試験では対照区（18 日育苗）に比べて老化区（28 日育苗）で少なく（表 5）、2018 年試験では育苗日数が長くなるほど少ない傾向であった（表 6）。ただし、幼穂形成期頃の生育には、育苗日数および播種量による有意差が

認められず、収量は同等であった（データ省略）。一方、15日区では、他区に対して出穂期が1～2日遅かった。

4. 主要成果の具体的データ

表1 密苗・疎植試験における幼穂形成期の生育状況（試験1）

区名	5上			5中			5下		
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD
対照	59	615	38.7 ^a	61	614	35.7 ^b	56	442	35.5 ^a
密70	60	631	33.8 ^b	58	563	35.3 ^b	60	481	33.8 ^b
密50	61	521	35.2 ^a	58	492	37.5 ^{ab}	58	454	35.1 ^a
密37	61	434	38.0 ^a	57	393	39.6 ^a	59	362	36.2 ^a
分散分析	ns	ns	***	ns	ns	**	ns	ns	***

注) 同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す(Tukey法)。**、*** はそれぞれ1%、0.1%水準で有意であることを示し、nsは有意でないことを示す。

表2 密苗・疎植試験における収量、収量構成要素

作期	区名	出穂期 (月日)	収量 (kg/m ²)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒/m ²)	総粒数 (百粒/m ²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	検査等級 (1-9)	整粒歩合 (%)
5上	対照	7/31	67.4	437	82 ^a	357	84.8	22.3	1.3	87
	密70	8/1	67.8	508	69 ^b	352	86.3	22.3	1.7	85
	密50	8/1	70.6	481	74 ^{ab}	357	88.6	22.4	1.3	86
	密37	8/2	67.9	453	77 ^{ab}	346	87.6	22.4	1.0	86
分散分析			ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
5中	対照	8/3	64.9	449	79 ^{ab}	355	82.6	22.4	1.7	89 ^a
	密70	8/7	58.0	460	70 ^b	322	80.4	22.4	2.0	84 ^b
	密50	8/8	60.5	446	76 ^{ab}	340	79.5	22.5	1.3	84 ^a
	密37	8/8	61.3	401	83 ^a	333	81.7	22.5	1.7	83 ^b
分散分析			ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
5下	対照	8/9	57.7	407	70 ^{ab}	285	86.7	23.4	1.3	87
	密70	8/12	56.7	416	67 ^b	277	86.5	23.6	1.3	87
	密50	8/13	55.4	387	71 ^{ab}	275	85.4	23.6	1.3	87
	密37	8/14	55.9	381	75 ^a	286	83.5	23.4	1.7	89
分散分析			ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

注) 同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す(Tukey法)。*は5%水準で有意であることを示し、nsは有意でないことを示す。

表3 坪70株植えにおける対照区(中苗)と密苗区の生育、収量の比較(3か年・7事例)

苗の種類	草丈 (cm)	葉齢 (数)	幼穂形成期の生育			出穂期 (8月○日)	収量 (g/m ²)	収量構成要素					検査等級 (1-9)
			草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	SPAD			穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒)	m ² 粒数 (百粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	
密苗	14.2	2.1	66	476	36.1	7.9	62.2	452	73	330	82.1	23.0	2.1
中苗	18.4	3.0	63	469	38.1	5.6	64.2	433	78	340	82.8	22.9	1.9
t検定	***	***	ns	ns	*	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	*

注) 対応のあるt検定により***, ***, ** はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示し、nsは有意でないことを示す。2017年(1作期)、2018年(3作期)、2019年(3作期)の7事例を用いた。

表4 播種量ならびに育苗期間と苗の生育 (2018年、2019年試験)

処理	要因	草丈 (cm)	葉齢 (葉)	茎葉重 (mg/cm ²)	根重 (mg/cm ²)	窒素含有率 (%)	窒素吸収量 (mg/cm ²)
年次	2018年	11.9 ^b	2.1	47.6 ^b	16.0 ^a	4.1 ^a	1.9
	2019年	13.0 ^a	2.1	55.3 ^a	26.2 ^b	3.4 ^b	1.9
育苗日数	15日	11.9 ^b	2.0 ^c	41.8 ^c	15.1 ^b	4.3 ^a	1.8
	20日	12.0 ^b	2.1 ^b	48.9 ^{bc}	19.8 ^{ab}	3.9 ^b	1.9
	25日	12.3 ^b	2.1 ^b	52.0 ^b	22.8 ^a	3.6 ^b	1.9
	30日	13.2 ^a	2.3 ^a	59.9 ^a	22.5 ^a	3.4 ^c	2.0
播種量	250g	12.4	2.1 ^a	48.4 ^b	19.3	4.0 ^a	1.9
	300g	12.3	2.1 ^b	52.9 ^a	20.8	3.6 ^b	1.9
分散分析	年次(A)	***	ns	***	***	***	ns
	育苗日数(B)	***	***	***	*	***	ns
	播種量(C)	ns	*	*	ns	***	ns
	A×B	ns	**	ns	ns	***	ns
	A×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	B×C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A×B×C	*	ns	ns	ns	ns	ns

注) 同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す (Tukey 法). *, **, *** はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示し, ns は有意でないことを示す。窒素含有率は逆正弦変換して分散分析した。

表5 密苗の老化が移植苗及び初期生育に及ぼす影響 (2017年試験)

区名	播種量	育苗日数	苗の生育					6月26日現在の生育		
			草丈 (cm)	葉齢 (枚)	SPAD	茎葉重 (mg/cm ²)	根重 (mg/cm ²)	草丈 (cm)	茎数 (本/株)	SPAD
対照	300g	18日	17.1	2.0	32.0	53.5	14.0	33.5	9.1 ^a	36.0
老化	300g	28日	16.5	2.1	28.2	74.3	27.7	33.2	6.6 ^b	34.9
中苗	100g	35日	20.6	3.1	32.5	44.3	11.3	36.9	9.7 ^a	35.7
分散分析								ns	*	ns

注) 同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す (Tukey 法). * は5%水準で有意であることを示し, ns は有意でないことを示す。

表6 密苗の老化が生育に及ぼす影響 (2018年試験)

要因	処理	6月18日現在の生育		出穂期 (月/日)
		草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	
育苗日数	15日	32.6	7.9 ^a	8/8 ^a
	20日	32.4	7.2 ^{ab}	8/7 ^b
	25日	33.7	6.5 ^{ab}	8/6 ^b
	30日	33.6	5.8 ^b	8/6 ^b
播種量	250g	33.3	7.0	8/7
	300g	32.9	6.7	8/7
分散分析	育苗日数	ns	**	***
	播種量	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns

同一英文字間には5%水準で有意差が認められないことを示す (Tukey 法). **, *** はそれぞれ1%, 0.1%水準で有意であることを示し, ns は有意でないことを示す。

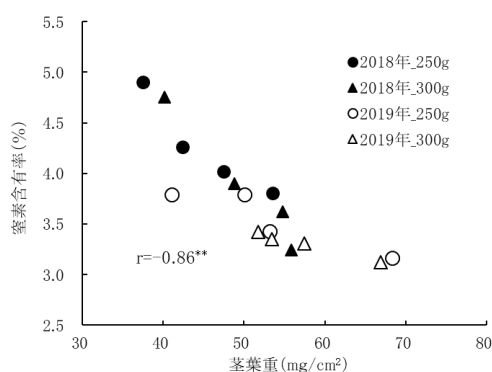


図1 茎葉重と窒素含有率

**は1%水準で有意であることを示す。

5. 経営評価

密苗区の必要苗箱数は、10a 当たりの使用苗箱数を 30 枚とした慣行比で 33～55% と大幅に減少し、密苗栽培における育苗経費の削減と春作業の省力効果が確認できた。

表 7 育苗に係る資材費（10a 当たり）

区名	苗箱数 (枚)	種籽 (円)	農薬 (円)	肥料 (円)	育苗用土 (円)	諸材料 (円)	計 (円)	慣行対比		
								(%)	(%)	
密苗	70株	10	1,260	189	55	267	555	2,325	79	55
	50株	8	1,008	151	44	213	444	1,860	63	44
	37株	6	756	113	33	160	333	1,395	47	33
対照	70株	21	874	252	114	555	1,154	2,948	100	-
		30	1260	363	164	800	1,665	4,252	-	100

注) 主要作目の技術・経営指標（青森県農林水産部・平成 27 年 9 月）より算出。

農薬：テクリード C 水和剤、タチガレエース液剤、肥料：育苗箱専用 5-8-5、育苗用土：山土、資材：育苗箱（5 年使用）、シルバーポリトウ（3 年使用）

6. 利用機械評価

厚播き用ホッパー（スズテック：FR300）の使用により箱当たり乾籾 300g とする目標播種量で播種作業が可能であった。また、移植乗用機（ヤンマー：RY-8D）と専用爪（ヤンマー：MN-YR8）により、密苗を高精度で移植することが可能であった。

7. 成果の普及

青森県における密苗栽培の取り組み面積は、2016 年では一部の生産者で試作される程度であったが、2019 年は約 3 千 ha と拡大している（青森県庁農産園芸課調べ）。密苗栽培では、育苗施設を増設することなく作付面積を拡大できることから、今後も大規模経営体を中心にした取り組みが見込まれる。

8. 考察

(1) 慣行の栽植密度（坪 70 株植え）における密苗と中苗の収量、玄米品質は概ね同等であり、密苗栽培は寒冷地である青森県においても実用的な省力技術であることが確認された。ただし、密苗栽培では中苗より出穂期が 3 日程度遅くなることから、安定生産のためには良好な登熟気温（出穂後 40 日で 20℃）を確保しうる移植晩限（図 2）を遵守する必要があると考えられる。なお、密苗と疎植栽培を組み合わせたときの収量性については、データのフレが大きかったことから、さらに事例を重ねて評価する必要があると判断した。

(2) 育苗日数の過度の延長は苗を老化させて、本田での初期生育を停滞させる要因となった。寒冷地では、初期生育の良否が収量性に影響しやすいことから、密苗栽培では育苗期間が 25 日を超えないよう設定する必要があると考えられた。一方、育苗期間が 15 日程度と短くなった場合、根量不足によるマット形成の不良や出穂遅延が生じる恐れがあった。以上のことから、密苗の育苗日数は 20～25 日程度とし、移植日から逆算して計画的に行う必要があると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

問題点：密苗×疎植の収量性の検討、枯死苗の発生を軽減する栽培法等の構築

次年度の計画：青森県産業技術センター農林総合研究所による実施課題で継続

10. 参考写真

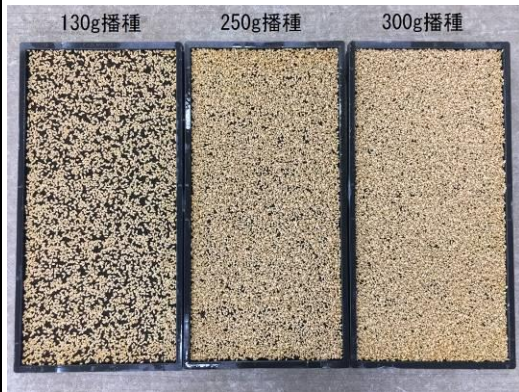


写真1 各区の乾籾播種量

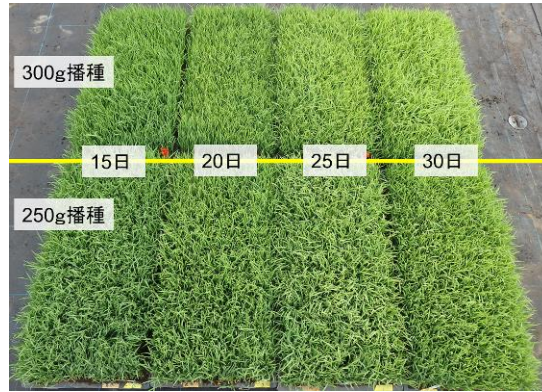


写真2 育苗日数と播種量の違いによる移植苗
注) 2018年5月18日撮影



写真3 移植時の土壌硬度と移植精度 (同一圃場の画像)
(左と中央: 土壌が乾き気味で硬い条件、右: 湿潤で軟らかい条件)
注) 2018年5月21日撮影



写真4 密苗区における除草剤の薬害
注) 2019年6月13日撮影

移植日: 2019年5月21日

供試薬剤: フタコロール・ベンゾピシクロン・ベンゾフェナップ 粒剤

散布日: 2019年5月29日

5月〇日

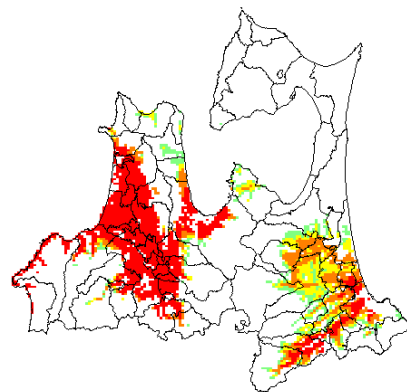


図2 登熟気温 20℃以上を確保する密苗の移植晩限