

委託試験成績（令和7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 スマート農業推進室
実施期間	令和6～7年度、継続
大課題名	Ⅲ 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立
課題名	水稲移植栽培における高栽植密度での雑草の機械防除技術の検証
目的	<p>みどりの食料システム戦略では化学農薬の使用量50%削減、有機農業の取組面積割合の25%への拡大が掲げられている。</p> <p>水稲作での機械除草体系では、両正条田植機により条間と株間を同じ距離（30cm）とし、除草機が作業しやすい移植条件とする技術が開発中である（農研機構、2022）。しかし、両正条田植機では栽植密度が37株/坪の疎植栽培となり、寒冷地である東北地方では初期生育が確保できずに減収するリスクがある。</p> <p>そこで、栽植密度を140株/坪まで増やし、株間8cmとした高栽植密度の移植栽培について、本年度は雑草発生量の低減効果や水稲の収量などについて年次変動を検証することに加え、経営評価として高栽植密度を導入した場合の経営規模及び生産費などの試算を行った。</p>
担当者名	主任研究員 千葉 祐太
<p>1. 試験場所 農林総合研究所内水田、約20a（約2a×10筆）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 令和6年度までの結果 高栽植密度（140株/坪）が慣行の50、70株/坪と比較し、①移植作業時間と使用育苗箱数が増加する、②雑草の発生量が少なく、3回の機械除草後の残草量も少ない、③m²当たり籾数が多くかつ雑草害が小さいため多収となる、という結果となった。</p> <p>(2) 供試機械名 高栽植密度による移植が可能な密苗対応田植機（8条） ア 高栽植密度移植はヤンマーアグリジャパン(株)の改造機である イ 高栽植密度移植は試作段階の機能であり、市販製品には装備されていない</p> <p>(3) 試験区構成 ア 140株：栽植密度140株/坪（42.4株/m²）、条間30cm×株間8cm イ 70株：栽植密度70株/坪（21.2株/m²）、条間30cm×株間16cm ウ 50株：栽植密度50株/坪（15.2株/m²）、条間30cm×株間22cm</p> <p>(4) 試験条件 ア 供試品種：「まっしぐら」 イ 育苗 播種日：5月1日 播種量：乾籾250g/箱（密苗） 育苗方法：置床被覆育苗（育苗ハウス） 種子消毒：化学防除（いもち病は無防除） ウ 施肥 基肥：9.6Nkg/10a（有機質肥料） 追肥：2.0Nkg/10a（有機質肥料）（7月16日） エ 耕起：5月9日 オ 植代日：5月19日（移植3日前） カ 移植日：5月22日 キ 病虫害防除：無防除（ただし、周辺圃場は化学的防除）</p> <p>(5) 機械除草 ア 除草機：8条用牽引式水田除草機（キュウホー社製） 8条田植機に装着し使用、条間と株間の除草に対応 イ 除草時期 1回目：6月3日（移植12日後） 2回目：6月12日（移植21日後、1回目から9日後） 3回目：6月25日（移植34日後、2回目から13日後）</p> <p>(6) 調査項目 ア 雑草調査：機械除草前の発生状況、移植後55日の発生草種、本数、風乾重</p>	

- イ 作業性：移植時及び機械除草後の栽植密度、手取り除草時間（移植後45、74日）
- ウ 水稻生育：移植から最高分けつ期ごろまでの草丈、㎡当たり茎数、生育ステージ、収量、収量構成要素、玄米品質、その他生育障害など

3. 試験結果

(1) 除草効果

試験圃場ではノビエの発生がなく、広葉雑草のうち特にコナギが優占していた。機械除草時の雑草の葉齢進展は、ホタルイは50株で機械除草1回目の葉齢が他の区よりも1葉進んでいたが2回目以降は同程度で、コナギは70及び50株で機械除草の時期に係わらず140株よりも進んでおり、アゼナは70及び50株で機械除草1回目の葉齢が140株より進んでいたが2回目以降は同程度だった（表1）。なお、140株では株間に発生したコナギが大型化しなかったが（図1左）、他の区では大型化した（図1右）。

移植後55日では、コナギの発生本数及び風乾量が140株で4.8本/㎡、25.5g/㎡、70株で10.0本/㎡、66.8g/㎡、50株で9.6本/㎡、49.1g/㎡で140株の本数が少なく、風乾重が軽かった（表2）。他一年生雑草及びホタルイも同様の傾向だった（表2）。合計では140株が5.6本/㎡、26.0g/㎡、70株が12.4本/㎡、68.7g/㎡、50株が10.0本/㎡、51.1g/㎡で、50株を対照とした場合に、140株は本数、風乾重ともに半分程度だった（表2）。

(2) 作業性

1回目（移植後45日）及び2回目（同74日）の手取り除草時間はともに140株で最も短く、平均では140株が32.2h/10a（対照比67%）、70株が48.0h/10a（同100%）、50株（対照）が47.8h/10aだった（図2）。

移植時の栽植密度は140株が41.0、70株が20.1、50株が14.5株/㎡、機械除草3回目終了後は140株が34.4、70株が17.1、50株が13.6株/㎡、欠株率は140株が16.1、70株が15.1、50株が6.5%だった（表3）。

(3) 水稻生育

移植時の苗の生育は草丈19.2cm、葉齢2.1葉、充実度0.76mg/cmだった（データ省略）。

生育期間中の草丈及び稈長は、期間をとおして大きな差は見られなかった（図3）。㎡当たり茎数は、140株が他の2区よりも多く推移し、成熟期の㎡当たり穂数も多かった（図4）。幼穂形成期頃の葉色値は50株≧70株>140株の順に高く、50株と140株で約3ポイントの差があった（図5）。

生育ステージは140株で幼穂形成期及び出穂期が他の区より1日早かったが、成熟期は同日だった（表4）。収量構成要素は140株では70、50株よりも穂数が多いため、一穂粒数は少ないが、㎡当たり粒数が多く、また登熟歩合はやや低かったが、千粒重は同程度だった（表4）。精玄米重は54.8kg/aで70株の49.0kg/a、50株の48.1kg/aより多収だった（表4）。倒伏程度は140株が1.1で70株の0.7、50株の0.4よりやや高く、いもち病の発生は全区でみられなかった（表4）。

検査等級はカメムシ類による着色で全区とも落等し、着色がない場合は1等米の評価だった（表5）。玄米品質は、試験区間で大きな違いは見られず、玄米タンパク質についても同様だった（表5）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 機械除草時の雑草の葉齢

雑草種	ノビエ			ホタルイ			コナギ			アゼナ		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
140株	-	-	-	1.2	2.5	花茎 10 cm	前	2	舟形葉 3	前	2対	4対
70株	-	-	-	1.2	2.5	花茎 10 cm	1.2	2	舟形葉 4	1対	2対	4対
50株(対照)	-	-	-	2.2	2.5	花茎 10 cm	前	3	舟形葉 4	1対	2対	4対

注 「-」は発生がなかったことを示す。

表2 雑草の残草状況

	ノビエ		コナギ		他一年生 広葉	ホタルイ		合計			
	本数 (本/m ²)	風乾重 (g/m ²)	本数 (本/m ²)	風乾重 (g/m ²)	風乾重 (g/m ²)	本数 (本/m ²)	風乾重 (g/m ²)	本数 (本/m ²)	対照比	風乾重 (g/m ²)	対照比
140株	-	-	4.8	25.5	0.5	0.8	0.0	5.6	56	26.0	51
70株	-	-	10.0	66.8	1.8	2.4	0.1	12.4	124	68.7	134
50株(対照)	-	-	9.6	49.1	2.0	0.4	0.0	10.0	(100)	51.1	(100)

注1 調査日:2025年7月15日(移植後55日)

2 「-」は発生がなかったことを、0.0は0.04以下の数値であることを示す。

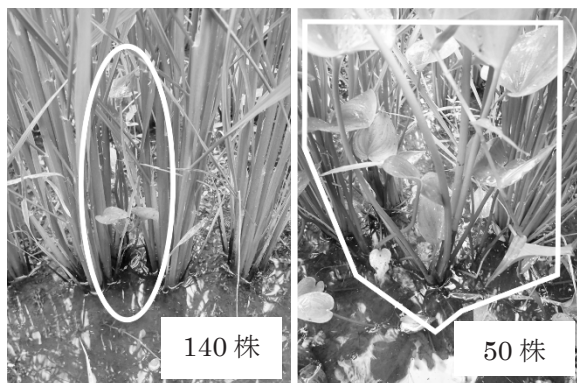


図1 移植後55日のコナギの様子

左 140株、右 50株

注 白枠は株間に発生したコナギを示す。

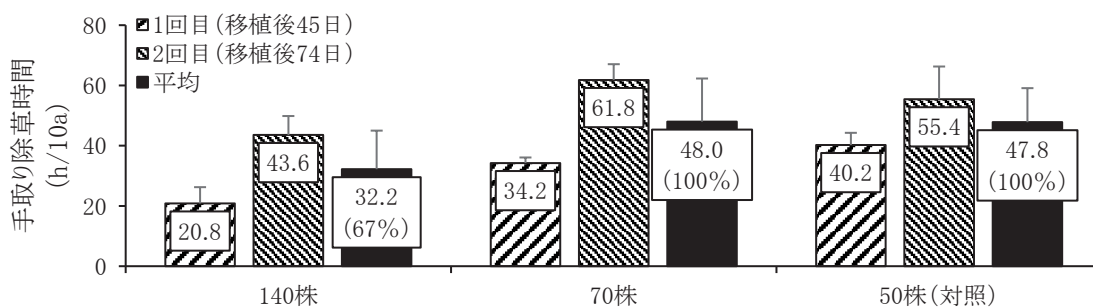


図2 手取り除草時間

注1 作業人数4人の延べ時間

2 平均の () 内の数値は対照比を示す。

表3 栽植密度と欠株率

試験区	移植時	機械除草3回目終了後	
	栽植密度 (株/m ²)	栽植密度 (株/m ²)	欠株率 (%)
140株	41.0	34.4	16.1
70株	20.1	17.1	15.1
50株(対照)	14.5	13.6	6.5

注 調査日:2025年7月7日(移植後46日)

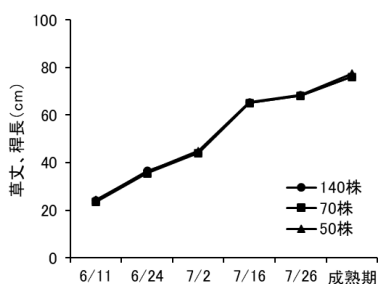


図3 草丈、稈長

注 成熟期は稈長

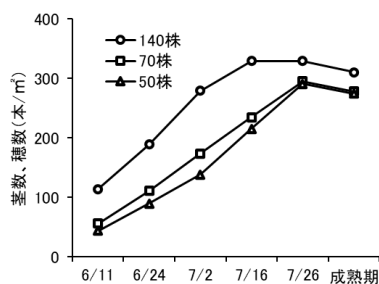


図4 茎数、穂数

注 成熟期は穂数

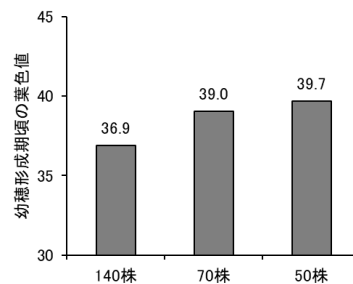


図5 幼穂形成期頃の葉色値

注 SPAD-502の測定値

表4 水稻の生育ステージ、収量、収量構成要素など

試験区	幼穂	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	一穂		全重	千粒重	登熟歩合	精玄米重	倒伏程度	いもち病発生程度
	形成期	月/日	月/日				月/日	cm						
140株	7/11	7/29	9/12	76.1	20.2	328	79.7	261	127.7	23.9	84.2	54.8	1.1	0
対照比・差	1日早	1日早	同日	98	96	128	89	115	111	101	-1.5	114	+0.7	0.0
70株	7/12	7/30	9/12	76.0	21.2	274	87.6	240	121.1	23.8	85.8	49.0	0.7	0
対照比・差	同日	同日	同日	98	100	107	98	105	105	100	0.1	102	+0.3	0.0
50株(対照)	7/12	7/30	9/12	77.5	21.1	256	89.1	228	114.9	23.7	85.7	48.1	0.4	0

注1 精玄米重は1.9mm篩で選別した玄米重(水分15%換算)

2 千粒重と玄米タンパク質は水分15%換算

3 いもち病発生、倒伏程度は0:無、1:微、2:少、3:中、4:多、5:甚とし、程度と面積に応じて算出した。

表5 水稻の検査等級と玄米品質

試験区	検査等級		整粒(重量%)	障害粒(重量%)						玄米タンパク質(%)	
	等級	落等要因		胴割粒	乳白粒	基部未熟粒	腹白未熟粒	青未熟粒	その他未熟粒		部分着色粒
140株	3等	カメムシ類による着色(着色なしであれば1等)	84.5	1.0	3.2	1.3	0.5	0.8	7.2	0.2	6.2
対照差			+2.1	-0.5	+0.2	-0.2	+0.1	-0.3	-1.4	-0.0	0.0
70株	2等	140株と同様	85.2	0.8	2.4	1.2	0.5	1.4	7.3	0.1	6.4
対照比・差			+2.9	-0.7	-0.6	-0.2	+0.1	+0.2	-1.2	-0.1	+0.2
50株(対照)	2等	140株と同様	82.3	1.5	3.0	1.4	0.4	1.2	8.5	0.2	6.2

注1 整粒歩合などは穀粒判別機(サタケ社)による値

2 玄米タンパク質はInfatecNOVA(FOSS社)による水分15%換算値

5. 経営評価

(1) 高栽植密度田植機を導入した場合の経営面積

高栽植密度(140株)が可能な田植機を農業経営体が入力した場合の経営面積を試算するため、最大作業可能面積を算出した。その結果、140株は12.3haで、70株の18.9ha、50株の19.3haよりも小さくなった(表6)。要因は、140株では作業速度が1.7km/hと70及び50株の3.5km/hより遅く、1ha当たり作業時間が4.3hと70株の2.8h、50株の2.7hより多く要するため(令和6年度 新稲作研究会 委託試験・現地実証展示圃成績, 161-166, 公益財団法人農林水産・食品産業技術振興協会、以下令和6年度データ)であった(表6)。また、本試験で導入した牽引式除草機の最大作業可能面積は37.1haであり、140、70及び50株のすべての最大作業可能面積を上回ったことから、いずれも牽引式除草機で最大作業可能面積以上を機械除草が可能な試算となった(表6)。

(2) 高栽植密度田植機を導入した場合の経済性

10a当たり粗収益は、単収が最も多い140株で高くなる試算となるが、経営面積当たりの粗収益(千円/経営面積当たり)は、経営面積(最大作業可能面積)が大きくなる70株と50株で高くなる試算となった(表7)。

生産費のうち、種苗費は140株で単位面積当たりの箱数が増加する(令和6年度データ)に伴い高くなり、農機具費の牽引式除草機は経営面積が小さい140株で高くなった(表7)。また、140株は70、50株より田植え作業に時間を要するが(令和6年度データ)、手取り除草時間が70、50株よりも短くなる(図2)ことから労働費が低くなった(表7)。また、他の項目については、140株の経営面積が小さいに伴い、項目により70と50株に対し増減した(表7)。10a当たり生産費は140株で70と50株よりも低く、経営規模当たりの生産費も同様だった(表7)。

所得(千円/経営面積当たり)は140株が70と50株よりも低く、経営面積が他の区分よりも小さいことでの粗収益が低いことが要因であった(表7)。

(3) 高栽植密度田植機による経営規模拡大の可能性

140株の所得(千円/経営面積当たり)が70及び50株と同程度以上になる経営面積を試算した結果を表7の「140株_規模拡大」に示す。その結果、経営面積16.2haで70及び50株よりも所得(千円/経営面積当たり)が上回った(表7)。経営面積16.2haを可能とする作業性を試算すると、作業能率は3.3h/ha(表6、140株_規模拡大の作業能率)で、作業速度は3.2km/h(表6、140株_規模拡大の作業速度)となり、現行の1.7km/h(表6、140株の作業速度)の約1.9倍の向上が必要な試算となった。

6. 利用機械評価

140 株/坪という高栽植密度により雑草の抑草及び多収効果は認められるが、水稻有機作の規模拡大のためには作業性の向上が必要と考えられる。

7. 成果の普及 社会実装前の技術のため、成果の普及はなし。

8. 考察

(1) 高栽植密度の抑草効果について

140 株は雑草の残草量が少なかった。これは、140 株という高栽植密度により株間を狭小にすることで、抑草効果が現れたためであり、令和 6 年度データでも同様であったことから、年次に関係なく発現できるものと考えられた。これに伴い、手取り除草時間も短縮されたため、有機水稻作を導入した農業経営体の労働負担の低減に繋がると考えられた。

(2) 高栽植密度の収量、玄米品質について

140 株は 70 株や 50 株より機械除草後の株数が多く、穂数が確保されるため、精玄米重が優る。これも令和 6 年度データと同様であり、年次に関係ないものと考えられた。また、整粒歩合に大きな差がないことから、品質にも影響を及ぼすことはないと考えられた。ただし、カメムシ類の被害で落等したことから、周囲の水田で防除をした場合に、無防除の試験圃場にカメムシ類が集中したことが予想され（隣接水田は 1 等米）、有機栽培導入時の課題となることが示唆された。

(3) 高栽植密度による移植栽培を導入した場合の経済性について

140 株は 70 や 50 株より多収であることから、10a 当たりの粗収益は増加するが、作業能率が低いため、経営面積を最大化した場合の経営面積が小さく、これにより所得が低くなる試算となった。現状、青森県では有機水稻作でも最大作業可能面積（表 6）以上を経営面積とする経営体があること及びみどりの食料システム戦略の有機農業の取組面積割合の KPI を考慮すると、高栽植密度であっても作業性の向上が求められると考えられた。

表 6 高栽植密度田植機を導入した場合の経営面積

対象機種		乗用型田植機				牽引式除草機
大きさ、能力		8条				8条
作業名		田植え				機械除草
区分(栽植密度)	株/坪	140株	70株	50株	140株 規模拡大	全区
作業幅	m	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
作業速度	km/h	1.7	3.5	3.5	3.2	2.0
理論作業量	ha/h	0.4	0.8	0.8	0.8	0.5
圃場作業効率	%	57.0	42.7	43.4	39.0	201.3
圃場作業量	ha/h	0.2	0.4	0.4	0.3	1.0
作業能率	h/ha	4.3	2.8	2.7	3.3	1.0
作業回数	回	1	1	1	1	3
作業時間	h/ha	4.3	2.8	2.7	3.3	3.1
作業時間合計	h/ha	4.3	2.8	2.7	3.3	3.1
1日の作業時間	h/日	8	8	8	8	8
実作業率	%	60	60	60	60	60
1日の実作業時間	h/日	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
作業期間(始)	月日	5月15日	5月15日	5月15日	5月15日	5月30日
作業期間(終)	月日	5月29日	5月29日	5月29日	5月29日	6月30日
作業日数		15	15	15	15	32
作業可能日数率	%	77	77	77	77	76
作業可能日数	日	11.0	11.0	11.0	11.0	24.0
作業可能時間	h	53	53	53	53	115
最大作業可能面積	ha	12.3	18.9	19.3	16.2	37.1

備考
 1 140株 規模拡大を除く対象区名の作業速度、圃場作業量、作業能率は令和6年試験データを引用した(令和6年度 新稲作研究会 委託試験・現地実証展示圃成績, 161-166, 公益財団法人農林水産・食品産業技術振興協会、以下令和6年度データ)。
 2 140株 規模拡大の作業速度及び作業能率は、表7の140株 規模拡大の粗収益-全算入生産費が50株と同程度となる経営面積を試算し、この面積と最大作業可能面積が等しくなるように試算した。
 3 作業期間は、田植えが田植の進捗始めと終わりの平年値(田植進ちょく状況(6月5日現在)、青森県「農林水産力」強化本部、令和7年)の期間とし、機械除草は田植えの作業期間(終)の翌日から中干し期間の開始日(出穂の進捗の最盛期の平年値(8月5日現在)水稻出穂状況、青森県「農林水産力」強化本部、令和7年)34日前)の前日とした。
 4 作業可能日数率は作業期間において、2016から2025年までの青森、弘前、八戸、五所川原、十和田、むつアメダスより降水量が当日10mm以上、前日30mm以上、前々日50mm以上の日を作業不可日、7日間のうち1日を作業休日として算出し、年平均に換算した。

表7 高栽植密度田植機を導入した場合の経済性

区分	140株	70株	50株(対照)	140株 規模拡大
経営面積(最大作業可能面積、表6) ①	12.3	18.9	19.3	16.2
単収(kg/10a)	588	531	535	588
粗収益(10a当たり) ②	439,885	398,214	401,543	440,374
うち主産物(米)の販売額	434,541	392,381	395,710	434,541
うち副産物価額	5,344	5,833	5,833	5,833
粗収益(千円/経営面積当たり) ③=①×②	54,106	75,262	77,498	71,341
物財費 ④	94,326	83,788	83,565	88,992
種苗費	3,670	1,811	1,323	3,670
肥料費	37,745	37,745	37,745	37,745
農業薬剤費	0	0	0	0
光熱動力費	5,246	5,571	5,571	5,571
その他の諸材料費	2,507	2,424	2,424	2,424
土地改良及び水利費	4,207	4,613	4,613	4,613
賃借料及び料金	8,707	5,124	5,124	5,124
物件税及び公課諸負担	1,367	1,342	1,342	1,342
建物費	2,238	2,435	2,435	2,435
自動車費	1,788	2,057	2,057	2,057
農機具費	24,547	19,045	19,290	22,149
うち牽引式除草機	1,760	1,122	1,142	1,363
生産管理費	544	499	499	499
労働費 ⑤	33,468	49,425	49,214	33,243
うち田植え作業増加	339	0	0	114
うち手取り除草	33,129	49,425	49,214	33,129
支払利子・地代 ⑥	8,116	6,882	6,882	6,882
自己資本利子・自作地代 ⑦	9,801	10,048	10,048	10,048
生産費(10a当たり) ⑧=④+⑤+⑥+⑦	145,711	150,143	149,709	139,165
生産費(千円/経営面積当たり) ⑨=⑧/①	17,923	28,377	28,894	22,545
所得(千円/経営面積当たり) ⑩=③-⑨	36,183	46,885	48,604	48,796
(対照差)	(12,421)	(1,718)	0	192

1 主産物(米)の販売額は、令和6年度データと表4の精玄米重の平均値に、「まっしぐら」の概算金の過去3年間(令和5~7)の平均値(20,933円/60kg)と有機米の販売価格の慣行比212%(有機農業をめぐる事情、農林水産省、令和5年)を乗じた。

2 種苗費は令和6年度データから使用した育苗箱数に「まっしぐら」の種籾630円/kgを乗じた。肥料費は基肥に有機質肥料(窒素成分6%、20kg入り、4,100円/袋)を9.6Nkg/10a、追肥に有機質肥料(窒素成分8%、20kg入り、6,300円/袋)を2.0Nkg/10aを使用したものとした。牽引式除草機は購入費1,064,800円/台に固定費率20%とした。田植え作業増加は、令和6年度データから140株/坪の移植作業時間(分/10a)が対照より増加した時間に対し、オペレーター賃金1,141円/時間(令和6年農作業料金・農業労賃に関する調査結果、一般社団法人青森県農業会議、令和7年)と補助者賃金1,029円/時間(青森県最低賃金)を乗じた。手取り除草時間は図1の手取り除草時間に1,029円/時間(青森県最低賃金)4名を乗じた。それ以外の項目については、米生産費(個別経営体)作付規模別(全国)60kg当たり生産費(令和6年度米生産費、農林水産省、令和7年)のうち、140株は区分10.0~15.0、これ以外は15.0~20.0を引用した。

9. 問題点と次年度の計画

- (1) 高栽植密度田植え機の作業速度の向上
- (2) 140株/坪以下の高栽植密度(100株/坪)での作業性、収量性、経済性の検証

10. 参考写真



写真1 高栽植密度(140株/坪)の移植の様子



写真2 牽引式除草機による機械除草の様子