

米粉用多収イネの低コスト生産技術

箕田豊尚*・石井博和*

Low Cost Production Method of High-yielding Rice Varieties for Rice Flour

Toyotaka MINODA and Hirokazu ISHII

要約 慣行法で平均的な収量が得られている灰色低地土の水田圃場において、短期間であれば早植「北陸193号」および普通期「夢あおば」では窒素単肥側条施肥および37株/3.3㎡の疎植栽培を行うことで慣行法と変わらない収量が得られ、播種から移植までに係るコストを半減することができる。

近年、米の消費拡大を図る目的で、米を米粉や飼料として利用しようとする動きが活発である。埼玉県内の2012年の作付面積は米粉用米303ha、飼料用米618ha(農林水産省, 2012b)であり戸別所得補償制度の実施に伴い大きく増加している。しかし、小麦粉や他の飼料との価格競争の中で生き残るために、生産コストの低減により米単価を下げる必要がある。また「水田等有効活用促進交付金(2009~2011)」では助成を受けるための要件に低コスト生産技術の実施が挙げられている。そこで早植ではインド型水稻で多収の「北陸193号」、普通期では日印交雑型で多収の「夢あおば」および日本型水稻の「むさしこがね」を用い、窒素単肥の側条施肥、疎植栽培および立毛乾燥の3つの技術の適応性を検討して低コスト生産技術を組み立てた。

材料および方法

試験は2010年および2011年に埼玉県農林総合研究センター水田農業研究所の水田圃場(細粒灰色低地土, 宝田統)で行った。供試品種は、品種選定試験の結果から早植「北陸193号」、普通期「夢あおば」を選定した。この2品種は玄米の形状・品質が一般的な食用米と著しく異なることで識別

が容易である。ただし、現場から乾燥調整を同一施設で行う場合のコンタミの問題が指摘されたことから、日本型水稻で比較的多収の「むさしこがね」も対象に加えた。早植の播種は、2010年には5月7日、2011年には5月6日に行い、普通期の播種は、2010年には5月27日、2011年には6月1日で行った。種子消毒は温湯消毒法により行った。早植は苗箱1枚当たり乾籾で180gを播種し、普通期は同じく80gを播種した。育苗は敷地内のコンクリート舗装面上で行い、1日に4~5回灌水チューブで散水した。早植の移植は、2010年には5月25日に行い、2011年には5月23日におこなった。普通期の移植は、2010年には6月28日に行い、2011年には6月27日で行った。病虫害防除および生育期の管理は埼玉県栽培基準(埼玉県, 2007)に準じて行った。生育期調査は最高分けつ期、出穂期に行った。最高分けつ期、出穂期、成熟期の判断は観察により行った。草丈、茎数、葉色は連続した10株について計測し、その平均値とした。葉色はSPAD502(M社製)を用い、計測部位は最上位の完全展開葉より1つ下位の葉の葉長1/2から2/3の部分で計測を行った。成熟期調査の値は坪刈りした畦に隣接した畦で連続した10株について稈長、穂長、穂数を計測しその平均値とした。収量調査の値は2.2m、5畦の3.3㎡を坪刈

*水田農業研究所

りし、はざかけして乾燥させた後、脱穀して唐箕でしいなやゴミを除いた後、舂すりした後の粗玄米重とした。わら重は脱穀したわらを通風乾燥機で60℃、2日間で乾燥させた後重量を計測した値とした。千粒重は粗玄米から20gをとり、その粒数を計測して求めた。水分は米麦水分計PB-1D(K社製)で計測し、粗玄米重および千粒重は水分15%換算値とした。㎡当たり初数は成熟期に10株を抜き取り、穂数の合計が40本以上になるように中庸の2~3株を選び、不稔籾を除いた全初数を計測し換算した。登熟歩合は籾を比重1.06の比重液で選別し計測した。子実タンパク質含有率は近赤外線多成分分析機infratec1241(F社製)で計測、水分13.5%換算値を用いた。坪刈りは1区から早植は3反復、普通期は2反復でサンプリングした。統計分析はエクセル統計2008(S社製)を用いた。

1 窒素単肥の側条施肥技術の検証

供試品種は、早植は「北陸193号」および「むさしこがね(2011年のみ)」、普通期では「夢あおば」および「むさしこがね」とした。処理は、側条施肥および慣行の全面全層の2処理とし、作業の都合からそれぞれ反復なしの1区制とした。圃場内の配置による誤差は考慮していない。それぞれの区は2010年、2011年に圃場内の同じ場所に設けた。試験区の面積は、早植では側条施肥区670㎡、全面全層区500㎡とした。普通期は側条施肥区110㎡、全面全層区は170㎡とした。「北陸193号」、早植「むさしこがね」および「夢あおば」は、施肥方法と栽植密度を組合せた2元配置とし、それぞれの区の栽植密度は3水準とした。側条施肥区は移植時に側条施肥装置付き6条田植機(I社製)を用い施肥を行い、残った肥料から実際に投入された量を算出した。全面全層区は代かき時に窒素成分で6~7kg/10aを施肥し、側条施肥終了後に側条施肥に投入された量と同じ量になるよう肥料を表面に散布した。普通期は波板で試験区を分割した。側条施肥区は、2010年は尿素(窒素成分46%)を用い、2011年は塩安(窒素成分25%)を用いた。全面全層区は塩加燐安(高度化成14-14-14)を用いた。

2 疎植栽培技術の検証

供試品種は、早植は「北陸193号」、「夢あおば(2010年のみ)」および「むさしこがね」、普通期は「夢あおば」とした。栽植密度は70株/3.3㎡、42株/3.3㎡および37株/3.3㎡の3水準とした。70株/3.3㎡を慣行、42株/3.3㎡および37株/3.3㎡を疎植とした。早植は1区200㎡、普通期は1区50㎡の1区制とした。

3 立毛乾燥技術の検証

試験は早植で行い、供試品種は「北陸193号」、「夢あおば(2010年のみ)」および「むさしこがね」とした。出穂後1カ月から3~4日ごとに各区から穂を40本採取し、うち20本について穂首節から5cmで切断し105℃、24時間で乾燥させ、重量法で水分量を測定し穂水分とした。残りの20穂について天日乾燥したのち、脱穀、舂すりを行い、外觀品質は穀粒判別機(S社製)で計測した。籾水分については2011年に行い、穂水分と同じ時期に各区から20本採取し、脱穀した後、重量法で水分量を測定した。

結果

試験期間中の出穂期および成熟期を表1に示した。試験区による出穂期および成熟期の差は、2010年の普通期「夢あおば」で側条施肥区が全面全層区より成熟期が3日遅れたが、他の処理区では、同一品種間で出穂期および成熟期に大きな差はなかった。

1 窒素単肥の側条施肥技術の検証

早植の「北陸193号」の生育状況等について、全面全層区に対する側条施肥区の生育状況等を比較した結果、2011年には、最高分けつ期には草丈が3cm小さく、茎数が40本/㎡少なかった。出穂期には草丈は2cm小さく、葉色のSPAD値は0.9小さかった。粗玄米重には差はなかった。㎡当たり初数は5.6千粒少なかった(表2)。2010年では、出穂期には、葉色のSPAD値が1.4小さかった。成熟期には、稈長が2cm大きく、穂長が0.5cm大きかった。わら重は5kg/10a大きかった。玄米粗蛋白含有率は0.2%低かった(表3)。

普通期の「夢あおば」の生育状況等について、

表1 出穂期と成熟期

年次	作期	品種	試験区	出穂期	成熟期	
2010	早植	北陸193号	側条	8/14	9/28	
			全面	8/14	9/28	
			70株	8/14	9/28	
			42株	8/14	9/28	
			37株	8/14	9/28	
		夢あおば	70株	8/4	9/7	
			42株	8/4	9/7	
			37株	8/4	9/7	
	むさしこがね		70株	8/12	9/14	
		42株	8/12	9/14		
		37株	8/12	9/14		
	普通期	夢あおば	側条	8/26	10/8	
			全面	8/26	10/5	
			70株	8/25	10/6	
			42株	8/26	10/6	
			37株	8/27	10/6	
むさしこがね		側条	8/22	10/1		
		全面	8/22	10/1		
		2011	早植	北陸193号	側条	8/19
	全面				8/19	9/27
70株	8/19				9/27	
42株	8/19				9/27	
	37株			8/19	9/27	
むさしこがね	側条			8/15	9/20	
	全面			8/15	9/20	
	70株			8/15	9/20	
	42株	8/15	9/20			
	37株	8/15	9/20			
普通期	夢あおば	側条	8/25	10/7		
		全面	8/26	10/7		
		70株	8/25	10/7		
		42株	8/26	10/7		
		37株	8/26	10/7		
	むさしこがね	側条	8/25	10/4		
		全面	8/25	10/4		

全面全層区に対する側条施肥区の生育状況等を比較した結果、2011年には、最高分けつ期には、草丈が5cm大きく、茎数が49本/m²多く、葉色のSPAD値は1.6小さかった。出穂期には、草丈は7cm小さく、葉色のSPAD値は3.5小さかった。成熟期には、穂長は1.5cm小さく、わら重は54kg/10a小さかった。玄米粗蛋白質含有率は0.4%高く、登熟歩合は10%低かった(表4)。2010年では、最高分けつ期には、茎数が23本/m²多く、葉色のSPAD値は3.4大きかった。出穂期には、草丈は10cm大きく、茎数は58本/m²多く、葉色のSPAD値は3.5大きかった。成熟期では、穂長は3cm大きく、穂長は2.3cm大きく、穂数は32本/m²多かった。粗玄米重は64kg/10a大きかった。玄米粗蛋白質含有率は0.5%高かった。登熟歩合は5%低かつ

た。m²当たり粒数は4.6千粒多かった(表5)。

早植の「むさしこがね」の生育状況等について、全面全層区に対する側条施肥区の生育状況等を比較した結果、2011年では、最高分けつ期には、草丈が3cm大きく、茎数は75本/m²多かった。出穂期には、茎数が53本/m²多く、葉色のSPAD値は1.2小さかった。成熟期には、穂長は6cm大きく、穂長は0.4cm小さく、穂数は57本/m²多かった。わら重は57kg/10a多かった。玄米粗蛋白質含有率は0.3%高かった(表7)。

普通期の「むさしこがね」の生育状況等について、全面全層区に対する側条施肥区の生育状況等を比較した結果、2011年では、最高分けつ期には、茎数が68本/m²少なかった。出穂期には、茎数は32本/m²少なく、葉色のSPAD値は2.0小さかった。玄米粗蛋白質含有率は0.2%低かった(表8)。2010年では、出穂期の葉色が1.9濃かった(表9)。

窒素単肥の側条施肥によるコストを、本試験で用いた田植機を使用し、1haあたり窒素成分で80kgを投入する前提で試算した。塩安を用いた側条施肥の場合、1ha当たりの肥料価格は塩加磷安を用いた全面全層に比して39%、1ha当たりの肥料補給回数は56%だった。尿素を用いた側条施肥の場合、1ha当たりの肥料価格は全面全層に比して24%、1ha当たりの肥料補給回数は31%だった(表11)。

2 疎植栽培技術の検証

早植の「北陸193号」の生育状況等について、70株/3.3m²区(以下、慣行区)に対し、42株/3.3m²区(以下、42株区)および37株/3.3m²区(以下、37株区)の生育状況等を比較した結果、2011年には、最高分けつ期には、草丈は42株区で5cm小さく、37株区で4cm小さかった。茎数は37株区で44本/m²少なかった。葉色のSPAD値は37株区で5.0大きかった。出穂期には、茎数は37株区で39本/m²少なかった。葉色のSPAD値は42株区で1.5大きく、37株区で1.6大きかった。成熟期の穂数は37株区で39本/m²少なかった。粗玄米重には差はなかった(表2)。2010年には、最高分けつ期には、草丈は37株区で3cm小さかった。葉色のSPAD値は37株区で1.9大きかった。出穂期には、草丈は42株区、37株区とも5cm大きかった。成熟期

には、稈長は42株区で4cm大きかった。穂長は42株区で1.1cm、37株区で1.5cm大きかった。穂数は42株区で46本/m²少なく、37株区で87本/m²少なかった。千粒重は37株区で0.1g小さかった。粗玄米重には差はなかった(表3)。

早植の「夢あおば」の生育状況等について、慣行区に対し42株区および37株区の生育状況等を比較した結果、2010年には、最高分げつ期には、草丈は37株区で2cm小さかった。葉色のSPAD値は37株区で2.0大きかった。出穂期には、草丈は42株区で1cm大きく、37株区で1cm小さかった。成熟期には、稈長は42株区で3cm大きかった。穂長は42株区で0.3cm小さく、37株区で0.6cm大きかった。千粒重は37株区で0.7g小さかった。粗玄米重に差はなかった(表6)。

普通期の「夢あおば」の生育状況等について、慣行区に対し42株区および37株区の生育状況等を比較した結果、2011年には、最高分げつ期には、茎数が37株区で74本/m²少なかった(表4)。2010年には、最高分げつ期には、草丈が、42株区で4cm、37株区で5cm小さかった。茎数は37株区で99本/m²、42株区で41本/m²少なかった。葉色のSPAD値は42株区で2.0大きく、37株区で2.5大きかった。出穂期には、茎数が37株区で31本/m²少なかった。成熟期には、穂長は42株区で1.4cm、37株区で1.8cm大きかった。わら重は42株区で61kg/10a、37株区で62kg/10a少なかった。粗玄米重は42株区で32kg/10a少なかった。千粒重は42株区で0.7g、37株区で0.8g小さかった(表5)。

早植の「むさしこがね」の生育状況等について、慣行区に対し42株区および37株区の生育状況等を比較した結果、2011年には、最高分げつ期には、茎数が42株区で71本/m²、37株区で99本/m²少なかった。葉色のSPAD値は42株区で2.8大きく、37株区で2.7大きかった。出穂期には、茎数は37株区で47本/m²少なかった。葉色のSPAD値は37株区で1.6大きかった。穂数は37株区で46本/m²少なかった。わら重は37株区で52kg/10a少なか

った。粗玄米重は42株区で41kg/10a、37株区で39kg/10a少なかった(表7)。2010年には、最高分げつ期には、草丈が37株区で5cm小さかった。茎数は37株区で184本/m²少なかった。出穂期には、茎数は37株区で92本/m²少なかった。葉色のSPAD値は2.5大きかった。成熟期の稈長は3cm大きかった。粗玄米重には慣行区との差はなかった(表8)。

播種・育苗～移植作業のコストを試算した結果、育苗箱の使用が減少することにより資材費が42株で60%、37株で53%となった。さらに育苗や移植作業に係る労働が軽減されることにより、播種～移植作業までのコストは42株で63%、37株で56%となった(表12)。

3 立毛乾燥技術の検証

穂水分の計測値から籾水分が推測可能であるかを検討した。穂水分と籾水分は高い相関があり、籾水分は穂水分より約3%低かった(図1)。

次に、立毛乾燥の収穫時期を検討した。実用的な収穫時期は、籾水分が安定的に20%以下となった時期とされている(松村ら、2011)。それぞれの品種で籾水分が安定的に20%以下、すなわち穂水分が安定的に23%以下になった時期は、「北陸193号」では、2010年には、出穂後76日以降(積算温度1780℃以上)、成熟期後31日以降だった。「夢あおば」では、出穂後62日以降(同1630℃以上)、成熟期後28日以降だった。「むさしこがね」では、出穂後57日以降(同1460℃以上)、成熟期後24日以降だった(図3)。2011年には、「北陸193号」では出穂後70日以降(積算温度1520℃以上)、成熟期後31日以降だった。「むさしこがね」では出穂後43日以降(同1080℃以上)、成熟期後7日以降だった(図2)。なお、立毛乾燥により碎粒が増加した。「北陸193号」および「むさしこがね」は碎粒率が30～40%程度(図4)、「夢あおば」は碎粒率が50%程度まで増加した(2010, データ略)。期間中倒伏は認められなかった。

表2 施肥法および栽植密度が「北陸193号」の生育・収量に及ぼす影響(2011)

施肥法	栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当り 粗数
側条	70	74	460	39.5	104	311	33.1	98	26.7	297	1056	715	22.0	5.6	82	38.1
	42	68	431	39.7	103	298	34.0	96	27.0	286	1026	714	22.1	5.5	83	36.6
	37	69	407	42.3	104	279	33.4	94	27.8	272	1013	716	22.3	5.6	79	37.3
全面	70	76	516	37.1	104	320	32.7	97	26.6	330	1061	713	22.4	5.7	85	45.7
	42	71	457	41.4	105	287	34.7	97	27.0	294	1029	693	22.2	5.7	84	41.0
	37	73	447	44.2	109	274	35.7	95	27.0	277	1023	726	22.2	5.8	83	42.1
側条 全面	70	433	40.5	104	296	33.5	96	27.2	285	1032	715	22.2	5.6	81	37.3	
	73	473	40.9	106	294	34.4	97	26.8	300	1038	711	22.3	5.7	84	42.9	
側条 全面	70	75	488	38.3	104	316	32.9	98	26.7	314	1058	714	22.2	5.6	84	41.9
	42	70	444	40.6	104	292	34.4	97	27.0	290	1028	704	22.2	5.6	83	38.8
	37	71	427	43.3	106	277	34.5	95	27.4	275	1018	721	22.3	5.7	81	39.7
多重比較																
側条	全面	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
70	42	**					**									**
70	37	**	**	**		**	**			**						**
42	37			*	*											

注) Tukey法により, **, * はそれぞれ1, 5%水準で有意であることを示す。

表3 施肥法および栽植密度が「北陸193号」の生育・収量に及ぼす影響(2010)

施肥法	栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当り 粗数
側条	70	74	543	44.5	119	295	36.9	104	27.2	322	111	867	22.3	6.1	92	47.1
	42	71	466	44.4	123	259	38.8	107	27.9	272	111	883	22.3	6.0	92	44.3
	37	70	436	45.9	122	238	38.7	105	28.5	227	104	831	22.0	6.1	92	41.9
全面	70	75	435	43.1	119	232	38.4	101	27.3	303	104	835	22.2	6.3	91	45.0
	42	75	520	46.0	125	270	40.0	105	28.8	259	106	871	22.3	6.4	92	43.2
	37	72	440	45.6	125	236	40.2	102	29.0	223	100	880	22.1	6.3	94	40.7
側条 全面	72	482	44.9	121	264	38.1	105	27.9	274	108	860	22.2	6.1	92	44.4	
	74	465	44.9	123	246	39.5	103	28.4	262	103	862	22.2	6.3	92	42.9	
側条 全面	70	74	489	43.8	119	264	37.7	102	27.2	312	107	851	22.2	6.2	91	46.0
	42	73	493	45.2	124	265	39.4	106	28.3	266	109	877	22.3	6.2	92	43.7
	37	71	438	45.7	124	237	39.5	103	28.7	225	102	856	22.1	6.2	93	41.3
多重比較																
側条	全面						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
70	42				+			**	**	+						
70	37	+		*	+				**	**			+			
42	37										+		*			

注) Tukey法により, **, *, + はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であることを示す。

表4 施肥法および栽植密度が普通期「夢あおば」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2011)

施肥法	栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当り 粗数
側条	70	69	393	45.4	110	260	37.7	82	20.9	256	633	551	22.7	5.7	49	35.3
	42	68	336	45.3	108	253	37.9	84	21.8	255	573	545	21.8	5.9	46	35.1
	37	64	313	45.9	108	251	41.0	84	21.8	256	620	521	21.2	6.0	48	35.3
全面	70	63	335	47.5	115	282	41.4	84	22.1	290	650	541	22.9	5.5	60	30.0
	42	63	292	46.7	115	243	42.0	85	23.1	252	693	557	22.4	5.5	58	32.2
	37	60	267	47.5	117	259	43.9	83	23.9	234	647	554	21.5	5.6	53	35.1
側条 全面	67	347	45.6	109	254	38.9	83	21.5	256	609	539	539	21.9	5.9	47	35.2
	62	298	47.2	116	261	42.4	84	23.0	258	663	551	551	22.3	5.5	57	32.4
側条 全面	70	66	364	46.5	113	271	39.6	83	21.5	273	641	546	22.8	5.6	54	32.6
	42	66	314	46.0	112	248	39.9	85	22.4	254	633	551	22.1	5.7	52	33.6
	37	62	290	46.7	112	255	42.5	83	22.8	245	634	538	21.4	5.8	50	35.2
多重比較																
側条	全面	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	**	**
70	42															
70	37		*													
42	37															

注) Tukey法により, **, * はそれぞれ1, 5%水準で有意であることを示す。

箕田ら：米粉用多収イネの低コスト生産技術

表5 施肥法および栽植密度が普通期「夢あおば」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2010)

施肥法	栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当 たり 籾数
側条	70	68	446	46.6	114	328	36.8	77	20.3	283	682	591	23.8	6.2	66	31.7
	42	63	375	48.0	112	295	38.5	77	22.1	278	601	540	23.2	6.2	64	32.5
	37	63	332	48.8	115	275	37.7	73	22.3	267	610	546	23.1	6.3	58	28.6
全面	70	65	391	42.6	103	240	32.3	71	18.4	242	662	499	24.0	5.6	65	26.3
	42	62	382	45.3	103	254	34.5	71	19.5	238	622	486	23.2	5.6	68	25.5
	37	62	309	45.4	106	230	35.9	73	20.1	253	610	500	23.2	5.8	70	27.1
側条 全面	65	384	47.8	114	299	37.7	75	21.6	276	631	559	23.4	6.2	62	30.9	
	63	361	44.4	104	241	34.2	72	19.3	244	631	495	23.4	5.7	67	26.3	
側条 全面	70	67	419	44.6	108	284	34.6	74	19.4	262	672	545	23.9	5.9	65	29.0
	42	63	378	46.6	107	274	36.5	74	20.8	258	611	513	23.2	5.9	66	29.0
	37	62	320	47.1	110	253	36.8	73	21.2	260	610	523	23.1	6.0	64	27.8
多重比較																
側条	全面		*	**	*	**	**	*	**	**		**		**	*	*
70	42	+	*	*					**	**	*	+	**			
70	37	*	**	**		**			**	**	**	**	**	+		
42	37		**			*								+		

注) Tukey法により, **, *, + はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であることを示す。

表6 栽植密度が早植「夢あおば」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2010)

栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当 たり 籾数
70	76	466	44.4	115	321	33.6	85	20.9	311	793	576	24.2	5.4	64	29.4
42	76	372	46.3	116	269	34.9	88	20.6	276	813	581	23.4	5.3	65	32.1
37	74	312	46.4	114	251	36.1	86	21.5	245	798	578	23.5	5.3	62	28.6
多重比較															
70	42			+			**	**	+						
70	37	+	*	+				**	**					+	
42	37									+		*			

注) Tukey法により, **, *, + はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であることを示す。

表7 施肥法および栽植密度が早植「むさしこがね」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2011)

施肥法	栽植密度 (株/3.3㎡)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/㎡)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/㎡)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	㎡当 たり 籾数
側条	70	63	654	40.1	85	471	29.1	72	17.4	437	902	478	20.8	5.9	86	22.7
	42	62	577	43.3	81	425	29.3	69	17.6	395	865	436	20.7	6.0	84	22.9
	37	62	555	42.8	83	402	30.9	70	17.4	384	827	431	21.0	6.0	87	24.0
全面	70	60	576	39.2	83	398	27.6	66	17.5	370	829	466	20.9	5.6	88	21.0
	42	59	511	41.6	83	368	29.1	65	18.1	344	794	425	21.2	5.8	88	21.1
	37	60	477	41.8	82	375	28.9	65	17.8	332	799	436	21.2	5.8	87	22.8
側条 全面	62	596	42.0	83	433	29.7	71	17.4	405	864	448	20.8	6.0	86	23.2	
	59	521	40.9	83	380	28.5	65	17.8	348	807	442	21.1	5.7	88	21.6	
側条 全面	70	61	615	39.6	84	435	28.3	69	17.4	404	865	472	20.9	5.8	87	21.8
	42	60	544	42.4	82	397	29.2	67	17.8	369	830	431	20.9	5.9	86	22.0
	37	61	516	42.3	82	388	29.9	67	17.6	358	813	433	21.1	5.9	87	23.4
多重比較																
側条	全面		*	**		**	*	**	+	**	**			**		
70	42		*	*								*		*		
70	37		**	*		*	*			*	*	*		**		
42	37															

注) Tukey法により, **, *, + はそれぞれ1, 5, 10%水準で有意であることを示す。

表 8 施肥法が普通期「むさしこがね」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2011)

施肥法	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/m ²)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/m ²)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重(g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	m ² 当 り 籾数
側条	55	536	44.3	83	390	37.5	69	18.0	369	579	521	19.4	6.7	77	33.0
全面	55	604	44.3	84	422	39.5	69	17.9	428	589	547	19.4	6.9	67	29.0
t 検定		*			*	+			*						+

注) t検定により, *, + はそれぞれ5, 10%水準で有意であることを示す.

表 9 施肥法が普通期「むさしこがね」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2010)

施肥法	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/m ²)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/m ²)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	m ² 当 り 籾数
側条	55	586	46.6	83	493	42.1	61	19.1	445	633	532	18.2	7.6	68	33.4
全面	60	658	45.0	81	518	39.2	64	18.9	443	623	500	18.3	7.5	68	32.2
t 検定									*						

注) t検定により, * は5%水準で有意であることを示す.

表 10 栽植密度が早植「むさしこがね」の生育・収量および品質に及ぼす影響(2010)

栽植密度 (株/3.3m ²)	最分期 草丈 (cm)	最分期 茎数 (本/m ²)	最分期 葉色 (spad)	出穂期 草丈 (cm)	出穂期 茎数 (本/m ²)	出穂期 葉色 (spad)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重 (kg/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	玄米 粗蛋白質 含有率 (%)	登熟 歩合	m ² 当 り 籾数
70	65	753	43.6	93	467	33.9	81	16.9	436	884	510	19.8	6.1	83	29.9
42	61	627	45.5	91	415	33.6	80	17.8	367	863	500	20.0	5.9	79	27.6
37	60	569	45.1	95	375	36.4	84	18.4	381	927	559	19.9	6.6	79	31.2
多重比較															
70 42															
70 37	+	*			+	*	*								
42 37				*		*	*				+				

注) Tukey法により, *, + はそれぞれ5, 10%水準で有意であることを示す.

表 11 窒素単肥の側条施肥によるコスト試算

施肥法	肥料名	20kg当 り単価 (円)	窒素 含有率 (%)	1ha当 り窒素成分 80kgの総施 肥量(kg)	1ha当 り肥料価格 (円)	1ha当 り肥料補給 回数
側条	塩安	1,490	25	320	23,840	5.3
全面	高度化成(アラジン444)	2,140	14	571	61,097	9.5
	側条/全面(%)	70	179	56	39	56
側条	尿素	1,700	46	174	14,790	2.9
全面	高度化成(アラジン444)	2,140	14	571	61,097	9.5
	側条/全面(%)	79	329	30	24	31

注) 肥料単価は尿素は2010年, 塩安は2011年のJAからの購入価格.

肥料補給回数は6条田植機を用い, 肥料ホッパー1条当たり10kgとして計算した.

箕田ら：米粉用多収イネの低コスト生産技術

表 12 疎植(早植)によるコスト試算 (播種・育苗～移植作業まで)

栽植密度(株/3.3m ²)	70株	42株	37株	備考
苗使用枚数(枚/10a)	15	9	8	
種苗費(円/10a)	1,500	900	800	乾籾180g/箱
農薬費(円/10a)	3,730	2,238	1,989	種子消毒、播種・育苗、移植時用
資材費(円/10a)	4,307	2,584	2,297	育苗箱、培土
資材費用小計	9,552	5,731	5,094	水道光熱費、減価償却費は試算から除く.
割合	100	60	53	
(参考)延べ労働時間				
播種・育苗(時間/10a)	1.6	1.0	0.8	標準的な労働時間をもとに使用苗箱数等を参考に割り戻した参考値である.
苗運搬(時間/10a)	0.6	0.3	0.3	組作業人員2人
移植(時間/10a)	1.1	1.0	0.9	組作業人員2人
労働時間小計	3.3	2.3	2.0	
労賃	4,924	3,403	3,056	労働時間に労賃単価1,500円/時を乗じた.
合計	14,475	9,134	8,150	
割合	100	63	56	

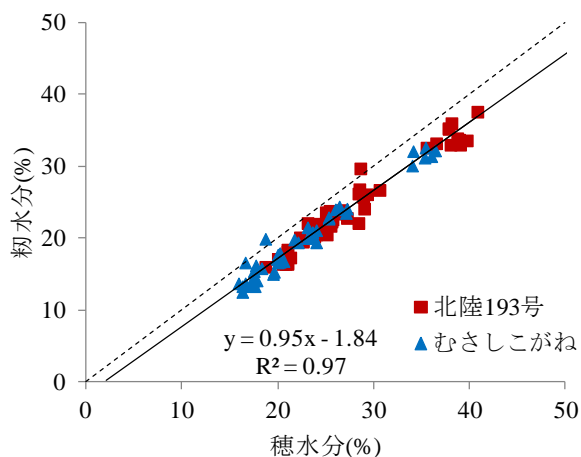


図 1 穂水分と籾水分の関係(2011)

注)点線は $y = x$

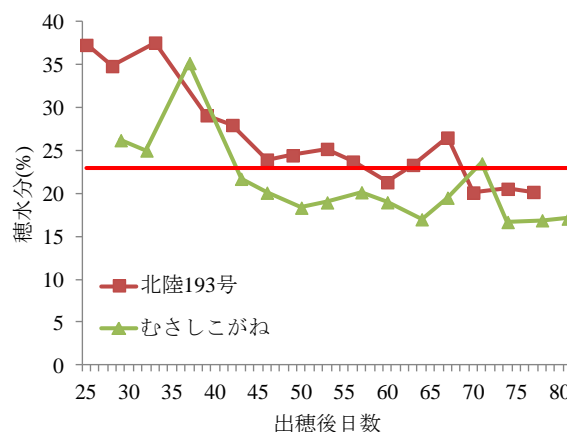


図 2 穂水分の推移(2011)

注)赤線は穂水分 23%(籾水分 20%相当)を示す.

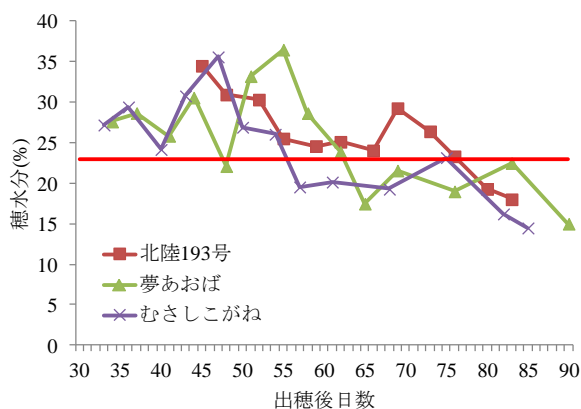


図 3 穂水分の推移(2010)

注)赤線は穂水分 23%(籾水分 20%相当)を示す.

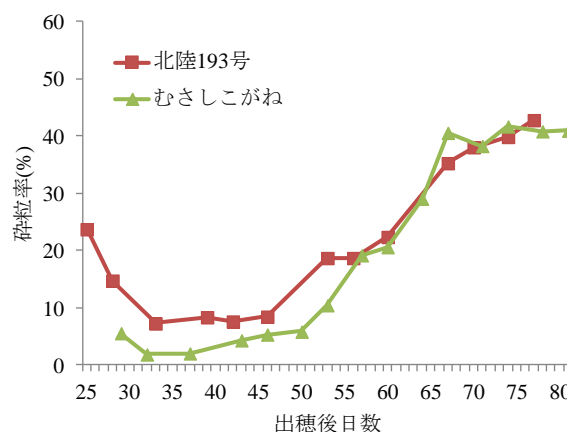


図 4 砕粒率の推移(2011)

考 察

1 窒素単肥の側条施肥技術の検証

側条施肥は一般的に2~3割程度、窒素量を減肥する必要があるとされる(宮松ら, 1982, 湯浅ら, 1986, 山本ら, 1988)が, 本研究では, 側条施肥を用い, 窒素量を減らさないことで窒素を増肥した効果が得られると考えた。リン酸, カリについては地力に頼ることで削減し, コスト低減を図りつつ, 短期的に生育量・収量を確保することを目的とした。これは持続的な技術ではなく現地対応型の短期的な技術の検証である。

早植の「北陸 193 号」に対し窒素単肥側条施肥が及ぼす影響は, 出穂期の葉色がやや薄くなることだった。粗玄米重をはじめその他の生育状況に一定の傾向は見られなかった。すなわち, 少なくとも2カ年であれば窒素単肥側条施肥により, 早植の「北陸 193 号」は慣行の全面全層と遜色ない生育, 収量が得られ, 実用性があると考えられた。ただし, 2011年の m^2 当たり籾数が側条施肥区で少なかったことは, 窒素単肥連用の悪影響である可能性も否定できない。

普通期の「夢あおば」について, 慣行法に対して窒素単肥側条施肥では, 最高分げつ期の茎数が多しなど, 生育状況の異なる点があったが, 収量は同等~高かったことから実用性があると考えられた。ただし登熟歩合が低くなっていることから生育の後半の肥切れを起こしている可能性が高く, 基肥の増量か追肥の必要性が考えられた。

普通期の「むさしこがね」に対し, 窒素単肥側条施肥が及ぼす影響は, 収量および収量構成要素をはじめ, 生育状況も差がなかったことから, 慣行施肥と同等と考えられた。

現地では米粉用米や飼料用米はコスト削減のため, 全量基肥で追肥作業を省いていることが多い。本研究の慣行法も同様とし比較したところ, 側条施肥により, 短期であれば窒素単肥で大幅なコストダウンが見込めることがわかった。ただし, リン酸, カリについて地力に頼っているため, 以上の結果は, 灰色低地土の水田圃場で, 慣行法で平均的な収量を得られる圃場の場合である。また, 早植の「北陸 193 号」で出穂期の葉色が薄いことや, 普通期の「夢あおば」で登熟歩合が低いこと

から, 生育後半まで肥料が足りていないことが推察され, 通常の食用米の追肥体系あるいは緩効性肥料を使った基肥一発との比較であれば, 生育・収量が劣る可能性があると考えられる。なお, 作業的には尿素, 塩安とも水に容易に溶けやすいことから雨天あるいは継続的な作業の場合, 作業機の詰まり等に気をつける必要がある。また, 窒素単肥の側条施肥技術は, 土壌診断等では場の地力低下を判断しつつ, 堆肥等で補ってやることで持続的に実行できる可能性がある(松田ら, 2011)。

2 疎植栽培技術の検証

疎植の定義は明確ではないが, 栽植密度を坪あたり40~45株以下で行う方法を指すことが一般的である(田中, 2009)。栽植密度の試験は吉川(1901)や安藤(1913)など古くから数多く行われており, 各県の栽培基準等に反映され, 適正な栽植密度は確立されている。埼玉県の水稲栽培基準では栽植密度68~73株/ 3.3 m^2 (埼玉県, 2007)となっている。一方で, 水稲の収量が変わらない栽植密度の範囲が広いことも報告されている(武田・広田, 1971, 川崎ら, 2006, 川崎ら, 2008)。近年, 疎植に対応した田植機が現地で普及し, 省力低コストが求められていることから, 現地主導で疎植が進んでいる。しかし, 埼玉県において従来の日本型品種とは異なる多収の新品種の生育・収量に疎植が及ぼす影響はよくわかっていない。そこで, 本試験において, 多収品種を用い, 疎植と慣行を比較したところ, 早植の「北陸 193 号」では, 最高分げつ期の草丈が37株区で小さいなど, 生育状況の異なる点があったが, 収量および収量構成要素に対しては栽植密度による明確な差は見られなかった。普通期の「夢あおば」では, 最高分げつ期の茎数が37株区で少ないなど, 生育状況の異なる点があったが, 収量および収量構成要素に対しては栽植密度による明確な差は見られなかった。この2品種に関しては, 生育経過にやや差がみられるものの, 収量に大きな差はなかった。すなわち, 早植の「北陸 193 号」および普通期の「夢あおば」は, 疎植により主に播種から移植作業までのコスト低減を図ることができることがわかった。ただし, 疎植の場合, 茎数が慣行と比べて少なく推移することから, 2011年における早植の「むさしこがね」

あるいは過去の「むさしこがね」の栽植密度に関する報告(埼玉県, 1985)にあるように、穂数の確保ができず収量が低下する場合があると考えられた。また、収量、品質に関しては西川(2012)が注意を促している疎植のデメリットにも目を向ける必要がある。

3 立毛乾燥技術の検証

穂水分と籾水分に高い相関があることから、穂を脱穀して計測しなくても穂の水分を図ることで、簡易に籾の水分を推測することができることがわかった。

立毛乾燥の期間は、酒井ら(2011)によると早生品種で成熟期後約 20 日、「北陸 193 号」など晩生品種で成熟期後 20~30 日、積算気温 400°C であり、籾水分が 12~16% まで低下したとしている。しかし、本研究の結果では成熟期後 30 日以降と乾燥に必要な期間がやや長い傾向があった。その原因は不明である。成熟期籾水分は早植の「北陸 193 号」で約 30% であったことから、立毛乾燥を行い籾水分 20% で収穫した場合、日高(2008)の試算によると 40% の燃料節約となる。すなわち、籾ごと利用する飼料米用としては十分実用的な技術と考えられた。しかし、米粉用としては成熟期をやや過ぎると砕粒率が急激に上がることから適さないと考えられた。すなわち、米粉用米は一般米と同様に適期収穫が必要である。

以上の技術を組み合わせることで、米粉用の低コスト生産技術を確立することができた。すなわち、窒素単肥の側条施肥と坪あたり 37 株の疎植を組み合わせることで収量を確保しつつ、播種から移植作業までに係るコストを約半減(表 11,12)することができた。

なお、試験当初は米粉メーカーに材料を供試し、加工適性を評価してもらった計画だったが、専用品種でなく「彩のかがやき」などのブランド米で米粉を加工、販売したいということで協力が得られなくなった。米粉については世界的な食糧事情から将来的には需要の増加が見込まれるが、足元では 2012 年産の全国の米粉用米の作付面積が前年比 12% 減(農林水産省, 2012b)となるなど必ずしも順調に伸びていない。メーカーも販売に苦慮していると考えられる。一方、飼料用米や WCS 用籾

の作付は伸びている。本技術はこれらの栽培にも応用可能であり、現地における栽培指導の一助となると考える。

なお、試験期間中の気象は、2010 年は、4~5 月は不安定な天候だった。6 月以降 9 月までは記録的な猛暑となり、雨が少なく、日照時間が多く推移した。県内の水稲の作況指数は 86 の不良であった(農林水産省, 2011)が、高温により品質が低下したためである。2011 年は、4~5 月は寒暖の差が大きく、6 月~7 月中旬は記録的な高温となった。7 月下旬は低温、8 月上旬は高温、下旬は低温と変動が大きかった。9 月上旬も高温が続いた。降水量はまとまった雨により多くなった月と少ない月が交互にきた。県内の水稲の作況指数は 98 のやや不良であった(農林水産省, 2012a)。

引用文献

- 安藤廣太郎(1913)：水稲の分蘖と栽植の疎密との関係試験成績。農事試験場報告(40),1-49.
- 日高靖之(2008)：初期水分増加に伴う燃料消費量目安,(2008/7/28 私信).
- 川崎哲郎・森重陽子・杉山英治(2006)：早期栽培における株間の拡大が生育・収量に及ぼす影響—育苗・苗運搬労力軽減のための水稲疎植栽培—。農作業研究 41(4),163-170.
- 川崎哲郎・森重陽子・杉山英治・木村浩・杉本秀樹(2008)：普通期栽培における株間の拡大が生育・収量に及ぼす影響—育苗・苗運搬労力軽減のための水稲疎植栽培—。農作業研究 43(1),21-27.
- 松田晃・浅野目謙之・遠藤昌幸(2012)：堆肥と窒素単肥の組み合わせによる飼料用米の省力・多収栽培。
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H23/suitou/H23suitou008.html>(2012/10/29 閲覧).
- 松村修・小島誠・元林浩太(2011)：水稲の立毛乾燥に必要な登熟期の温度条件と品種。日本作物学会紀事別号第 232 回日本作物学会講演会, 42-43.
- 宮松一夫・宮田啓一・小泉哲(1982)：施肥田植機によるペースト肥料の側条施肥が水稲の生育に及ぼす影響。福井県農業試験場報告(19),23-31.

中川祐輝(1901): 栽植. 農事試験場報告(17),19-41.

西川康之(2012): 疎植に要注意. <http://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/field-h24/sui1202.html>(2012/10/29 閲覧).

農林水産省(2011): 22年産水稻の道府県別作柄表示地帯別作況指数.

<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001081820>(2012/10/30 閲覧).

農林水産省(2012a): 23年産水稻の道府県別作柄表示地帯別作況指数.

<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001087011>(2012/10/30 閲覧).

農林水産省(2012b): プレスリリース, 平成24年度の農業者戸別所得補償制度の加入申請状況について. http://www.maff.go.jp/j/press/keiei/keiei/121017_1.html(2012/10/30 閲覧).

大野高資・杉山英治・川崎哲郎(2001): 水稻疎植栽培が省力・低コスト化に及ぼす影響. 愛媛県農業試験場研究報告(36),1-5.

埼玉県(2007): 埼玉県水稻栽培基準. 13.

埼玉県農業試験場作物部(1985): 「むさしこがね」の収量性向上に関する実証試験. 昭和59年度作物試験成績概要集,23-24.

酒井長雄・青木政春・土屋学(2011): 子実用水稻多収品種の収量性と立毛乾燥を前提とした耐倒伏性. 北陸作物学会報(46),23-26.

武田友四郎・広田修(1971): 水稻の栽植密度と子実収量との関係. 日本作物学会紀事 40(3), 381-385.

田中公平(2009): 農作業便利帖—疎植栽培法—. <http://www.jeinou.com/benri/rice/2009/04/180918.html>(2012/10/29 閲覧).

山本 富三・兼子明・神屋勇雄(1988): 暖地水稻における側条施肥技術. 福岡県農業総合試験場研究報告 A(作物)(8),15-18.

湯浅佳織・岩田忠寿・青木研一(1986): 側条施肥が水稻の地上部および地下部の生育におよぼす影響. 北陸作物学会報(21),65-67