

# 熊本県における6月中旬移植の業務用米品種‘やまだわら’の 生育目標は籾数 36,000 粒/m<sup>2</sup>である

## Growth Objective of Commercial Rice Variety ‘Yamadawara’ in Kumamoto Prefecture Is 36,000 Grains/m<sup>2</sup> after Transplanting in Mid-June

松原由紀・藤井康弘\*・木下直美\*

(農産園芸研究所)

Yuki MATSUBARA, Yasuhiro FUJII and Naomi KISHITA

(Agricultural Horticultural Research Institute)

### 要 約

全国的な家庭向用米の需要減・供給過多に対して、近年、外食・中食産業向けの業務用米の需要増・供給不足が生じている。それら産業の実需者が業務用米に求めるのは、家庭向用米に比べ安価で検査等級2等以上の品質である。一方水稲の生産者からは、家庭向用米より安価であることから多収性で、従来品種と作型が大きく変わらない品種が求められる。そこで西南暖地に適した業務用米品種の中から、熊本県は2018年に多収性水稲品種‘やまだわら’を認定品種に採用した。‘やまだわら’の育成地（広島県福山市）では5月中旬移植で79.6kg/aの多収が得られているが、移植期を遅くするほど収量減になるとされている。ところが、本県の栽培地である平坦地および山麓準平坦地の主な移植期は麦作後の6月中旬で5月中旬よりも遅い。また、多収性と検査等級2等以上の品質を達成する栽培法も確立されていない。そこで、‘やまだわら’に求められる収量および品質を達成できる生育目標と栽培技術を明らかにすることを研究目的とした。試験では異なる移植日、施肥法、栽植密度が与える収量および品質への影響について2018年から2019年に5つの調査を実施した。その結果、①移植期移動試験で、標準区6月中旬移植より早植えでは標準区より増収するが品質は劣ることから、6月中旬移植が適期であった。次に、②m<sup>2</sup>当たり籾数と収量および品質の解析で、m<sup>2</sup>当たり籾数37,000~39,000粒のとき収量は最大化し66.8~80.8kg/aで、それ以上籾数を増やしても収量は増加しなかった。品質は、2018年はm<sup>2</sup>当たり籾数が多いほど検査等級は下がったが、2019年は検査等級に一定の傾向が見られなかった。ただし品質低下要因の一つである乳白はm<sup>2</sup>当たり籾数36,000粒以上で発生したため、検査等級2等以上に向けた生育目標を36,000粒とした。その条件下の収量は65.3~73.7kg/aであった。③分けつ肥施肥試験においては、窒素施用量で基肥0.8kg/aを施肥した標準区と、基肥0.6kg/aと分けつ肥0.2kg/aに分けて施肥した試験区では、収量および品質に差がみられなかった。④穂肥時期の検討では、出穂前20日および10日の穂肥と比較して、2回の穂肥をそれぞれ5日早く施肥したが、双方の区の収量および品質に差はなかった。⑤栽植密度試験において、15.9株/m<sup>2</sup>を標準区として、疎植区13.9株/m<sup>2</sup>および密植区18.5株/m<sup>2</sup>を比較したところ、年次による変動が大きいことから標準区が適していた。以上から、本県で6月中旬移植栽培する業務用米‘やまだわら’が多収かつ検査等級2等を達成するための生育目標はm<sup>2</sup>当たり籾数約36,000粒だと考えられた。この生育目標達成には、施肥法として窒素施肥量で基肥に0.60kg/a、穂肥に出穂前25~20日で0.24kg/aおよび15~10日で0.16kg/aの施肥が、栽植密度は15.9株/m<sup>2</sup>程度が適すると考えられた。またこのとき、‘やまだわら’の価格が‘ヒノヒカリ’の価格の82%を上回れば生産者の利益を確保し得ると考えられた。

キーワード：‘やまだわら’，業務用米，生育目標，m<sup>2</sup>当たり籾数，多収，検査等級

### I 緒言

主食用米は家庭向用米と業務用米に大別され、近年の

米の消費傾向では、家庭向用米の消費が伸び悩む一方で、外食・中食向けに流通する業務用米の消費は年々増加傾

\*現 熊本県農林水産部生産経営局農産園芸課

向にあり、主食用米全体の約3割を占めている。このように、全国的に業務用米の需要は高まっているが、水稻の生産現場では高単価で取引される家庭用良食味米の生産に重点を置く傾向があり、業務用米の供給不足が生じている<sup>1)</sup>。このことから、熊本県では需要に応じた業務用米の栽培を推進している。業務用米について実需者から求められる条件は、一定程度の品質が保たれ、かつ低価格で取引可能なことである。令和元年度の全国の調査では、業務用米銘柄の8割弱における価格が全銘柄平均価格 15,716 円/60kg (税込み) を下回っている<sup>10)</sup>。このように、業務用米は安い単価で取引されているため、業務用米の生産現場では家庭用米よりも単収を増やすことで面積当たりの収益を確保する必要がある、そのため栽培品種として多収性の品種が求められている。

業務用米品種のうち、農研機構\*\*西日本農業研究センター開発の多収性水稻品種‘やまだわら’は炊飯米の粘りが強すぎない特徴を活かし、酢飯やおにぎり等の利用に向くとされている<sup>3)</sup>。全国農業協同組合連合会では、九州内でのすし、カレーあるいは丼物用米等の需要に応じて、熊本県経済農業協同組合連合会（以下、JA熊本経済連）とともに‘やまだわら’の契約栽培を推進している。そこで熊本県においては、平成30年（2018年）に‘やまだわら’を業務用米用品種として県の認定品種に採用した<sup>6)</sup>。現在‘やまだわら’はJA熊本経済連との契約で栽培されている。

この‘やまだわら’の品質については、実需者から検査等級2等以上のものが求められている。そのため、JA熊本経済連では買取りに際し検査等級2等以上と3等で価格差を設けて差別化している。しかし、‘やまだわら’の生産にあたって検査等級2等の品質を確保しつつ業務用米として必要な収量を得るための栽培方法は確立されていない。

一方、‘やまだわら’の収量性については、‘やまだわら’の育成地（広島県福山市）の試験結果<sup>7)</sup>で5月中旬移植の場合 79.6kg/a の玄米収量を得ることが可能とされている。その多収を確保するための栽培指針として、農研機構から『業務・加工利用向け水稻品種‘やまだわら’多収栽培マニュアル』<sup>3)</sup>が発行されている。このマニュアルには、西日本の場合、5月中旬に移植すると収量は高く、移植期がより遅くなるほど品質は向上するが収量が低いと記されている。この5月中旬移植は本県における早植え栽培の移植時期にあたる。本県で‘やまだわら’を栽培している地域のうち、高冷地では5月中旬から下旬の移植が適することが明らかになっている<sup>1)</sup>。しかし、県内で‘やまだわら’栽培の主力となりうる産地は高冷地を除いた平坦地および山麓準平坦地であり、これらの

産地では移植期移動が品質や収量に及ぼす影響は明らかになっていない。また、平坦地および山麓準平坦地では麦栽培との二毛作での栽培が推進されていることや、地域の水利権の取り決めにより早い移植期での取水ができないこと等の理由から、主な移植期が6月中旬であるため、マニュアルの示す5月中旬移植での多収栽培技術をそのまま導入することは難しい。本県では‘やまだわら’を認定品種として採用するにあたって2014年から2017年の期間で奨励品種決定調査を実施した。試験では6月21日前後の移植とし、‘やまだわら’は試験期間平均で 69.2kg/a の収量で、これは‘ヒノヒカリ’と比較して116%の多収を示した（非公表データ）。また、本県の主要農作物奨励品種特性表<sup>6)</sup>によると‘やまだわら’は 69.3kg/a の収量で、品質は‘ヒノヒカリ’より劣るとされている。しかし、奨励品種決定調査および特性表のデータは本県の主食用米の標準的な栽培方法で供試されているにすぎず、本県における‘やまだわら’の特性に応じて収量性および品質を高めるための栽培方法はこれまで明らかにされていない。生産現場では個別の取り組みで栽培法を模索してきたが想定したほどの多収が確保できず、このことから2020年現在での作付面積は 407ha に留まり、認定品種採用当初の 1,000ha の見込みに対して伸び悩んでいる。このため、本県平坦地および山麓準平坦地で6月中旬に移植する‘やまだわら’において、業務用米に必要な品質および収量を満たすための栽培技術の確立が求められている。

熊本県農業研究センター農産園芸研究所（合志市栄、以下、当研究所）は山麓準平坦地に区分されるが、‘やまだわら’の栽培最適地は平坦地であることから、当研究所では平坦地より厳しい条件下での検討が可能である。そこで、当研究所において本県平坦地および山麓準平坦地における業務用多収米‘やまだわら’の移植期移動による影響、6月中旬移植で栽培するときの検査等級2等を確保して最大収量を得るための生育目標、さらにそれが得られるための栽培技術を明らかにする。

## II 材料および方法

2018年から2019年に当研究所の黒ボク土水田で実施した。‘やまだわら’の種子については、農研機構から譲り受けた原々種から、当研究所で増殖し採種した種子（原種）を使用した。稈長、穂長および穂数については成熟期に各区 15 株について計測した。収量調査には1区当たり 60 株を地際から刈取り、かけ干しをして自然乾燥させたものを供試した。なお、精玄米については粒厚 1.80mm 以上の玄米とし、玄米重および精玄米千粒重は水分含有率 15%となるよ

\*\* 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

う数値を換算した。一穂粒数および m<sup>2</sup> 当たり粒数については、おおむね平均穂数の生育中庸な株を 1 試験区当たり 5 株選び、かけ干しによる自然乾燥の後、穂から外した全粒を計数した。この全粒を比重 1.06 の硫安水で比重選して登熟歩合を算出した。玄米の外観品質については九州農政局生産部から農産物検査員の派遣協力を得て、検査等級は 1 等上, 中, 下, 2 等上, 中, 下, 3 等上, 中, 下および等外の 10 段階で、格下理由は、充実不足, 粒揃い, 心白, 乳白, 腹白, 青未熟, うす茶および茶により評価をした。

試験を行った 2018 年と 2019 年は気象条件が異なり、年次変動が大きいのと思われるため、年次と処理法により二元配置分散分析を行った。また、多重比較は Tukey 法で分析を行った。このとき、登熟歩合については角変換値を用いて統計処理を行った。

試験は以下の 5 つについて実施した。

### 1 移植期移動試験

当研究所内畑エリアの 3 区画の枠水田で実施した。本県で一般的な 6 月中旬移植（標準区）に加えて、5 月下旬（早植 5 月区）と 6 月上旬（早植 6 月区）の 3 水準の移植期を設定した。移植については、2018 年は 5 月 21 日、6 月 6 日および 6 月 20 日に、2019 年は 5 月 21 日、6 月 6 日および 6 月 19 日に、栽植密度 15.9 株/m<sup>2</sup>（条間 30cm 株間 21cm）、1 株 3 本の手植えで行った。試験規模は 1 区面積 7.5m<sup>2</sup>、2 反復とした。2018 年に基肥に窒素 (N) 0.5kg/a、リン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1.0 kg/a、カリ (K<sub>2</sub>O) 0.75kg/a、出穂前 20 日穂肥に窒素 0.3 kg/a、カリ 0.3kg/a、出穂前 10 日穂肥に窒素 0.2kg/a、カリ 0.2kg/a を施肥した。2019 年には LP コート入り複合 2566-DE65 号を全窒素量 0.8kg/a となるよう全量基肥施肥した。すなわち、速効性窒素 0.3kg/a、被覆尿素リニア型 100 日タイプ窒素 0.2kg/a および被覆尿素リニア型 140 日タイプ窒素 0.3kg/a、リン酸 0.19kg/a およびカリ 0.19kg/a を施肥した。両年とも基肥は移植日の概ね 1 週間前に施肥し、直後に耕起した後、移植日 2 日前に代かきを行った。生育および収量調査については先述の方法で実施した。

気温については「農研機構メッシュ農業気象データ (The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)」から、当研究所の緯度および経度の地点のデータを参照した。なお、出穂後 10~15 日間の平均気温については期間の日平均気温を平均して算出した。

### 2 粒数と収量および品質の関係性解析

当研究所の約 30 a の水田で実施した。試験区毎に様々な生育量の稲体となるように、総窒素量を第 1

表に示すとおり 0.0~1.85kg/a の範囲として 17 の異なる窒素施肥条件で栽培した。基肥および分けつ肥にはくみあい硫加磷安 005 号（窒素：リン酸：カリ = 10 : 20 : 15%）を、穂肥にはくみあい尿素入り窒素加里化成 2 号（窒素：リン酸：カリ = 16 : 0 : 16%）をそれぞれ窒素施肥に合わせる量で使用した。2018 年 2019 年ともに、6 月 10 日に荒代、6 月 11 日に基肥施肥、6 月 12 日に本代を行い、6 月 14 日に移植した。試験規模は 1 区面積 7.5m<sup>2</sup>、2 反復とした。移植は、栽植密度 15.9 株/m<sup>2</sup>（条間 30cm 株間 21cm）、1 株 3 本の手植えで行った。生育および収量調査については先述の方法で実施した。

グラフ解析における折れ線回帰の分岐点決定には統計ソフト R の segmented パッケージ<sup>16)</sup>を使用した。

### 3 分けつ肥施肥試験

試験 2 と同じほ場で実施した。施肥条件は、第 1 表に示した試験区のうち②を標準区として、④（分けつ肥 14 日区）、⑤（分けつ肥 21 日区）および⑥（分けつ肥 28 日区）の 3 区で分けつ肥を施肥した試験区とした。すなわち、標準区には基肥で窒素、リン酸、カリ = 0.8, 1.6, 0.12kg/a 施肥し、分けつ肥を施肥した試験区には基肥を標準区より減じて窒素、リン酸、カリ = 0.6, 1.2, 0.9kg/a とし、これと併せて移植後④14 日、⑤21 日および⑥28 日の 3 水準で基肥で減じた窒素、リン酸、カリ = 0.2, 0.4, 0.3 kg/a を分けつ肥として施肥した。また、各区共通で出穂前 25 日穂肥に窒素 0.3kg/a およびカリ 0.3kg/a、出穂前 15 日穂肥を窒素 0.2kg/a およびカリ 0.2kg/a を施肥した。代かき日、基肥施肥日、移植日、移植の方法および試験区の規模は試験 2 と同様にした。生育および収量調査については先述の方法で実施した。

### 4 穂肥時期試験

第 1 表 試験 2~4 における施肥時期ごとの窒素施肥量 (kg/a)

	総窒素量	基肥	分けつ肥			穂肥			
			移植後日数			出穂前日数			
			14日	21日	28日	25日	20日	15日	10日
①	1.30	0.80					0.30		0.20
②	1.30	0.80				0.30		0.20	
③	1.55	0.80				0.45		0.30	
④	1.30	0.60		0.20		0.30		0.20	
⑤	1.30	0.60	0.20			0.30		0.20	
⑥	1.30	0.60			0.20	0.30		0.20	
⑦	1.55	0.60		0.20		0.45		0.30	
⑧	0.00	0.00							
⑨	0.13	0.00		0.04		0.06		0.04	
⑩	0.20	0.20							
⑪	0.46	0.20		0.08		0.11		0.07	
⑫	0.40	0.40							
⑬	0.93	0.40		0.16		0.22		0.15	
⑭	0.60	0.60							
⑮	1.39	0.60		0.24		0.33		0.22	
⑯	0.80	0.80							
⑰	1.85	0.80		0.32		0.44		0.29	

試験2と同じほ場で実施した。施肥条件は第1表に示した試験区のうち①を標準区として②を穂肥の時期を比較する区(穂肥早区)とした。すなわち、①標準区では基肥に窒素、リン酸、カリ=0.8, 1.6, 0.12kg/a施肥し、主な家庭用米向品種の施肥基準となっている出穂前20日穂肥に窒素0.3kg/a, カリ0.3kg/a, 出穂前10日穂肥に窒素0.2kg/a, カリ0.2kg/aを施肥した。②穂肥早区では施肥量は標準区と同量とし、穂肥を標準より5日早い出穂前25日と出穂前15日に行った。代かき日、基肥施肥日、移植日、移植の方法および試験区の規模は試験2と同様にした。生育および収量調査については先述の方法で実施した。

### 5 栽植密度試験

試験2と同じほ場で実施した。栽植密度は15.9株/m<sup>2</sup>(条間30cm株間21cm)を標準区とし、疎植区として13.9株/m<sup>2</sup>(条間30cm株間24cm)、密植区として18.5株/m<sup>2</sup>(条間30cm株間18cm)の3水準を設け、1株3本手植えにより移植した。施肥条件は基肥に窒素、リン酸、カリ=0.8, 1.6, 0.12kg/aを施肥した

後、出穂前25日穂肥に窒素0.3kg/a, カリ0.3kg/a, 出穂前15日穂肥に窒素0.2kg/a, カリ0.2kg/aを施肥した。代かき日、基肥施肥日、移植日および試験区の規模については試験2と同様にした。生育および収量調査については先述の方法で実施した。

## III 結果

### 1 移植期移動試験

移植期移動試験の生育調査結果を第2表に示す。移植日から出穂期までの日数は、試験を行った2018年および2019年ともに、移植期が早いほど長く、早植5月区で平均70日、早植6月区では平均67日、標準区では平均62.5日であった。出穂後10~15日間の平均気温は、2018年はいずれの移植期においても27℃より高かったが、2019年は早植5月区でのみ27℃よりも高く、早植6月区および標準区では27℃を下回った。

移植期移動試験の収量および玄米品質の結果を第3表に示す。2018年の試験では、標準区は早植5月区と比べて精玄米重が有意に少なかった。また、2019

第2表 試験1における移植期別の生育および気象

年次	試験区名	移植日	出穂期	移植日から 出穂期の 日数 (日)	出穂後 10~15日間 平均気温 (℃, 平年差)	収穫適期 に達した 日	出穂期から 収穫適期の 日数 (日)	成熟期
2018	早植5月	5月21日	7月29日	69	29.5(+2.0)	9月22日	55	9月30日
	早植6月	6月6日	8月10日	65	29.5(+2.5)	10月8日	59	10月20日
	標準	6月20日	8月20日	61	27.2(+0.9)	10月31日	72	未達
2019	早植5月	5月21日	7月31日	71	30.1(+2.6)	9月18日	49	9月25日
	早植6月	6月6日	8月14日	69	22.8(-3.9)	9月26日	43	9月30日
	標準	6月19日	8月22日	64	24.3(-1.7)	10月6日	45	10月13日
年次平均	早植5月	5月21日	7月30日	70.0		9月20日	52.0	9月27日
	早植6月	6月6日	8月12日	67.0		10月2日	51.0	10月10日
	標準	6月19日	8月21日	62.5		10月18日	58.5	-

注) 収穫適期は籾が80~90%以上、成熟期はほぼ100%黄化した日とした。

第3表 試験1における移植期別の生育、精玄米重、収量構成要素および玄米品質

年次	試験区名	生育		精玄米 重 (kg/a)	収量構成要素				玄米品質		
		稈長 (cm)	穂長 (cm)		m <sup>2</sup> 当たり 籾数 (千粒/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂 籾数 (粒)	精玄米 千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	検査 等級 (1-10)	格下理由
2018	早植5月	81	23.8	102.0 a	53.9	499	108	22.3	75.8	8.5	乳白
	早植6月	83	22.1	82.1 b	47.7	443	107	22.7	66.3	9.0	乳白
	標準	77	22.1	80.5 b	41.4	383	108	22.8	74.2	9.0	乳白
2019	早植5月	72	20.7	51.3 c	27.1	243	111	22.5	82.2	7.0	充実・乳白
	早植6月	74	20.5	48.8 c	26.8	205	130	22.4	82.4	6.0	乳白
	標準	75	18.9	47.9 c	26.2	217	121	22.6	88.0	5.0	充実不足
分散分析	年次	**	**	**	**	**	**	n. s.	**		
	移植期	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		
	交互作用	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		

注1) 検査等級は1等上~3等下、規格外を1~10に数値化した。

注2) 分散分析で、\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差が認められ、n. s.は有意差がないことを示す。

注3) 分散分析で試験区間に有意差が認められた調査項目でTukey法による多重比較を行い、異なる文字間に5%水準で有意差が認められることを示す。

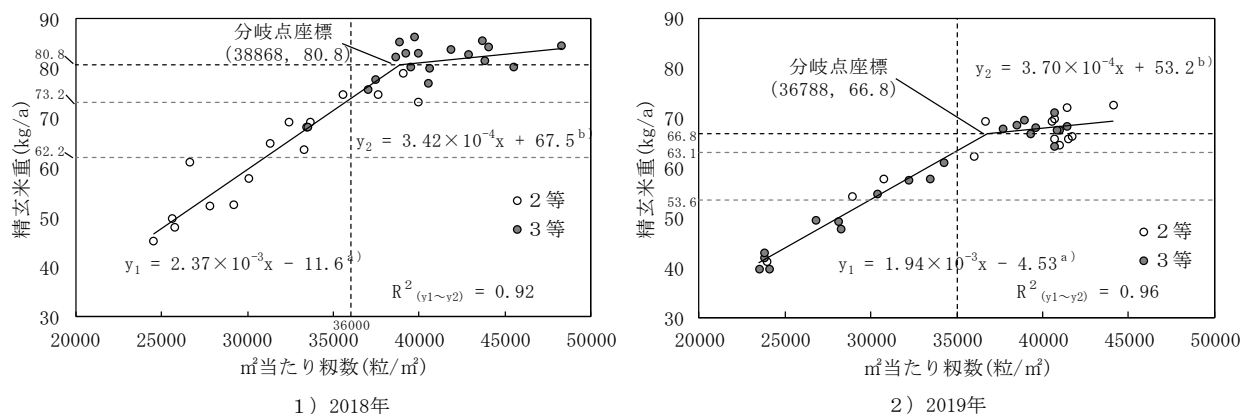
年は有意な差は認められなかったものの移植期が遅いほど精玄米重が少ない傾向であった。玄米品質については、2018年は全移植期で検査等級は3等となり、格下理由は乳白であった。2019年は早植6月区および標準区で検査等級が2等となり、早植5月区の3等よりも品質が向上した。早植5月区における検査等級格下理由は充実不足および乳白であった。

## 2 籾数と収量および品質の関係性解析

第1図に各試験区のm<sup>2</sup>当たり籾数と精玄米重の関係を示す。いずれの試験年もm<sup>2</sup>当たり籾数の増加に応じて精玄米重が増加したが、ある籾数以上では精玄米重の増加は限定的となった。精玄米重の増加の傾向が変化するm<sup>2</sup>当たり籾数の分岐点は、2018年は

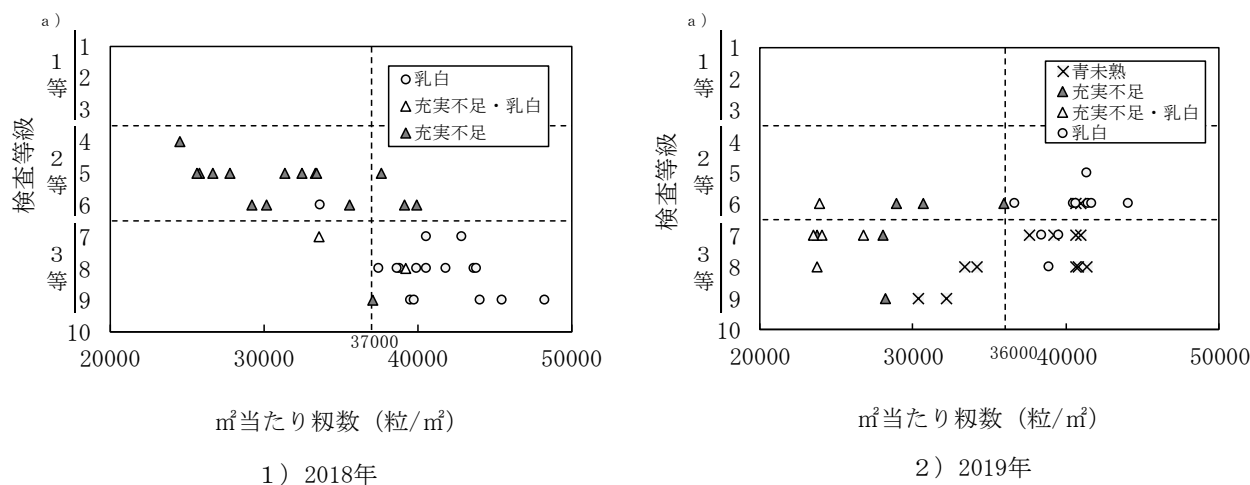
38,868粒、2019年は36,788粒であった。またこのときの収量は、2018年は80.8kg/a、2019年は66.8kg/aであった。年次ごとにm<sup>2</sup>当たり籾数(x)粒/m<sup>2</sup>と精玄米重(y)kg/aの折れ線回帰分析を行うと、2018年の回帰式は $y=2.37 \times 10^{-3}x - 11.6(x \leq 38868)$ 、 $y=3.42 \times 10^{-4}x + 67.5(x > 38868)$ (決定係数 $R^2=0.92$ )であり、2019年の回帰式は $y=1.94 \times 10^{-3}x - 4.53(x \leq 36788)$ 、 $y=3.70 \times 10^{-4}x + 53.2(x > 36788)$ (決定係数 $R^2=0.96$ )であった。

検査等級と籾数の関係は、試験を行った2018年と2019年で傾向が異なった。その結果を第2図に示す。2018年では、m<sup>2</sup>当たり籾数が多いほど検査等級は低い傾向が認められた。3等品質の格下理由は主に乳白で、乳白は主にm<sup>2</sup>当たり籾数37,000粒以上で見ら



第1図 試験2におけるm<sup>2</sup>当たり籾数と精玄米重の関係

- a) 分岐点までの回帰直線式を示す。
- b) 分岐点からの回帰直線式を示す。
- c) 各試験区の反復をそれぞれ1つの点として示した。



第2図 試験2におけるm<sup>2</sup>当たり籾数と検査等級の関係

- a) 検査等級は、1等上～3等下および規格外を1～10に数値化して示した。

れた。一方で2019年は、検査等級にm<sup>2</sup>当たり籾数との一定の関係はみられず、3等への等級格下げは主に乳白、充実不足あるいは青未熟によるものだった。このうち、乳白はm<sup>2</sup>当たり籾数36,000粒以上で見られた。また、充実不足および「充実不足かつ乳白」はm<sup>2</sup>当たり籾数29,000粒以下で3等への格下げが生じた。青未熟粒は主に3等格付けとなり、m<sup>2</sup>当たり籾数30,000粒以上で見られた。

m<sup>2</sup>当たり籾数と総窒素施肥量の関係を第3図に示す。‘やまだわら’のm<sup>2</sup>当たり籾数は、総窒素施肥量が増加するにつれ増加した。2年間のデータによる相関係数は0.93(1%水準で有意)で強い正の相関があった。

### 3 分けつ肥施肥試験

分けつ肥施肥試験の結果を第4表に示す。分けつ肥を施肥した3試験区全ての生育、収量および収量構成要素に標準区との比較で有意な差は認められなかった。また、分けつ肥を施肥した区が標準区の収量を超えることはなかった。

品質は、2018年はいずれの区も検査等級が3等で格下理由は乳白であった。2019年は分けつ肥14日区

または分けつ肥21日区で検査等級は2等、標準区および分けつ肥28日区は3等であった。

### 4 穂肥時期の検討

穂肥試験の結果を第5表に示す。標準区と比較して、穂肥早区では一穂籾数が多い傾向があり、m<sup>2</sup>当たり籾数が有意に多かった。しかし、登熟歩合が低下する傾向があったため精玄米重は差がなかった。また、品質にも差は認められなかった。

### 5 栽植密度試験

栽植密度試験の結果を第6表に示す。2018年と2019年の2か年で収量および品質への影響が異なった。

2018年は、栽植密度が高くなるほどm<sup>2</sup>当たり籾数が多かったが、収量は標準区、密植区および疎植区で同等だった。品質には栽植密度による差がなかった。一方2019年は、標準区、密植区および疎植区でm<sup>2</sup>当たり籾数に有意な差は認められず、収量も同等であった。検査等級は疎植区で2等となり、これよりも栽植密度が高くなると3等となった。

第4表 試験3における生育、精玄米重、収量構成要素および玄米品質

年次	試験区名	施肥窒素量 (基肥 14日 21日 28日) (kg/a)	生育		精玄米重 (kg/a)	収量構成要素				玄米品質		
			稈長 (cm)	穂長 (cm)		m <sup>2</sup> 当たり 籾数 (千粒/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂 籾数 (粒)	精玄米 千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	検査 等級 (1-10)	格下理由
2018	② 標準	0.8-0.0-0.0-0.0	85	22.3	83.4	42.4	304	139	24.3	76.2	7.5	乳白
	④ 分けつ肥14日	0.6-0.2-0.0-0.0	82	22.3	83.3	41.4	304	137	24.0	78.6	8.5	乳白
	⑤ 分けつ肥21日	0.6-0.0-0.2-0.0	81	22.5	80.1	39.9	302	132	24.2	80.8	7.5	乳白
	⑥ 分けつ肥28日	0.6-0.0-0.0-0.2	80	22.4	79.0	38.5	296	131	23.9	80.1	8.5	乳白
2019	② 標準	0.8-0.0-0.0-0.0	83	20.4	69.0	39.2	283	139	22.6	78.0	7.5	乳白
	④ 分けつ肥14日	0.6-0.2-0.0-0.0	83	20.7	65.1	40.8	310	132	22.7	79.0	6.0	乳白・青未
	⑤ 分けつ肥21日	0.6-0.0-0.2-0.0	84	20.1	66.2	41.6	302	138	22.8	78.4	6.0	乳白
	⑥ 分けつ肥28日	0.6-0.0-0.0-0.2	82	20.4	67.8	39.2	285	138	22.8	80.1	7.5	青未
分散分析		年次	n. s.	**	**	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.		
		施肥	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		
		交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		

注1) 検査等級は1等上~3等下、規格外を1~10に数値化した。

注2) 分散分析で、\*\*は1%水準で有意差が認められ、n. s.は有意差がないことを示す。

第5表 試験4における穂肥時期別の生育、精玄米重、収量構成要素および玄米品質

年次	試験区	穂肥 施肥時期 (出穂前日数)	生育		精玄米重 (kg/a)	収量構成要素				玄米品質			
			稈長 (cm)	穂長 (cm)		m <sup>2</sup> 当たり 籾数 (千粒/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂 籾数 (粒)	精玄米 千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	検査 等級 (1-10)	格下理由	
2018	① 標準	20日-10日	85	22.0	84.1	39.4	ab	296	133	24.3	77.1	8.0	乳白
	② 穂肥早	25日-15日	85	22.3	83.4	42.4	a	304	139	24.3	76.2	7.5	乳白
2019	① 標準	20日-10日	83	19.9	69.1	37.6	b	287	131	23.2	80.9	6.5	乳白
	② 穂肥早	25日-15日	83	20.4	69.0	39.2	ab	283	139	22.6	78.0	7.5	乳白
分散分析		年次	n. s.	*	**	*	n. s.	n. s.	**	n. s.			
		施肥	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.			
		交互作用	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.			

注1) 検査等級は1等上~3等下、規格外を1~10に数値化した。

注2) 分散分析で、\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差が認められ、n. s.は有意差がないことを示す。

注3) 分散分析で試験区間に有意差が認められたm<sup>2</sup>当たり籾数でTukey法による多重比較を行い、異なる文字間に5%水準で有意差が認められることを示す。

第6表 試験5における栽植密度別の生育, 精玄米重, 収量構成要素および玄米品質

年次	栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )	生育		精玄米重 (kg/a)	収量構成要素				玄米品質			
		稈長 (cm)	穂長 (cm)		m <sup>2</sup> 当たり 籾数 (千粒/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂 籾数 (粒)	精玄米 千粒重 (g)	登熟 歩合 (%)	検査 等級 (1-10)	格下 理由	
2018	疎植	13.9	85	21.9 ab	83.3	37.9 b	290 ab	131	23.9	75.9	8.0	乳白
	標準	15.9	85	22.3 a	83.4	42.4 ab	304 ab	139	24.3	76.2	7.5	乳白
	密植	18.5	86	22.1 ab	80.2	44.8 a	331 a	135	24.0	77.1	9.0	乳白
2019	疎植	13.9	84	19.7 c	68.5	40.1 ab	293 ab	137	22.3	80.3	6.0	青未
	標準	15.9	83	20.4 c	69.0	39.2 b	283 b	139	22.6	78.0	7.5	乳白
	密植	18.5	82	21.0 bc	72.5	42.4 ab	313 ab	136	22.6	80.5	7.0	乳白
分散分析	年次	*	**	**	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.			
	密度	n. s.	*	n. s.	n. s.	**	*	n. s.	n. s.	n. s.		
	交互作用	n. s.	n. s.	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.			

注1) 検査等級は1等上~3等下, 規格外を1~10に数値化した。

注2) 分散分析の\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差が認められ, n. s. は有意差がないことを示す。

注3) 分散分析で試験区間に有意差が認められた調査項目でのみTukey法による多重比較を行い, 異なる文字間に5%水準で有意差が認められることを示す。

#### IV 考察

##### 1 移植期移動試験

早植え栽培と比較した6月中旬移植における‘やまだわら’の収量と品質の特性を明らかにするため, 5月下旬(早植5月区), 6月上旬(早植6月区)および6月中旬(標準区)の3水準の移植期で移植期移動試験を実施した。

ここで, 試験を実施した両年の農林水産省作物統計調査における熊本県北地域<sup>12, 13)</sup>の作況指数を参照すると, 2018年が102(やや良), 2019年が94(不良)で差があった。また, 2018年と2019年では使用した肥料および施肥法が異なっていた。このため, 本試験においても両年で生育や収量が異なっていた。2018年の精玄米重は, 最も多かった早植5月区では102kg/aの精玄米重となり, 少なかった標準区であっても80.5kg/aであった。一方で, 2019年は収量の多かった早植5月区でも51.3kg/aであり, 2018年の標準区にすら及ばなかった。しかし, 移植期が早くなるほど精玄米重が多い傾向である点では両年で同様の結果であった。このことは, 農研機構発表のマニュアル<sup>8)</sup>に示された結果を支持した。

また, 玄米品質についても, 2018年と2019年で移植期別の検査等級が異なった。この試験における検査等級の主な格下理由である乳白は, 寡照や倒伏でも発生するが, 出穂後10~15日間の高温でも多発することが知られている<sup>15)</sup>。2018年の気象条件は, 全ての移植期で出穂後10~15日間平均気温が27℃を超え, 平年値と比べても高く, 特に早植5月および6月区では29℃を超える高温傾向であった。一方, 2019年の気象条件では, 早植5月区で出穂後10~15日間の平均気温が30.1℃で平年値よりも2.6℃高かったが, 早植6月区と標準区では27℃を下回りいずれも

平年値よりも低かった。

出穂後10~15日間の平均気温が27℃を超えた移植期と検査等級が3等となる移植期は一致しており, 等級の格下げに至った要因は出穂後の高温の影響と考えられる。

ここで, 出穂後10~15日間の平均気温について平年値(統計期間1981年~2010年)を見てみると, 27℃を下回るのは8月10日以降に出穂した場合である(データ省略)。この8月10日は6月上旬に移植したときの出穂期におおむね合致するが, この頃が乳白発生の危険性が下がり始める境目の時期にあたりと考えられる。ここで, 長田(2020)の報告<sup>8)</sup>によると, ‘やまだわら’の玄米品質低下では乳白粒および基部未熟粒の発生割合が高いことが指摘されている。このことから, ‘やまだわら’の品質向上には乳白の発生を抑制する必要があると考えられる。

これらのことから, 6月中旬移植の‘やまだわら’は, 5月下旬移植および6月上旬移植と比べて, 収量は低下するが, 品質は向上する傾向がある。特に乳白の発生を抑え検査等級で2等を維持するには, 出穂後10~15日間の高温をできるだけ回避するため, 6月中旬移植が適すと考える。

##### 2 籾数と収量および品質の関係性解析

マニュアルにも示されているとおり, 移植期移動試験において6月中旬移植は早植えと比べて収量が低下した。このため, 6月中旬移植における‘やまだわら’収量性を明らかにし, 検査等級2等の品質を維持しつつ最大収量を得るときの生育目標を定めることを目的として施肥試験を行った。すなわち, 様々な施肥条件下でm<sup>2</sup>当たり籾数の異なる試験区を設け, m<sup>2</sup>当たり籾数と収量および品質との関係を調査した。

まず、 $m^2$  当たり粒数と収量の関係について考察する。6月中旬移植の‘やまだわら’では、 $m^2$  当たり粒数が増加するにつれて収量が増えたが、 $m^2$  当たり粒数が約 37,000 (2019年)～39,000 粒 (2018年) となると収量は頭打ちとなり、それ以上粒数が増えなくても収量の増加は限定的だった。先にも述べたとおり、2018年と2019年は気象の影響により収量条件が大きく異なることから、ある程度気象条件が異なる年であっても、収量が頭打ちになる  $m^2$  当たり粒数は 37,000～39,000 粒の範囲にあると推察される。このことから、6月中旬移植で‘やまだわら’の収量を最大化するためには、 $m^2$  当たり粒数 37,000～39,000 を目指せばよく、最大収量は 66.8～80.8kg/a 程度であると考えられる。

次に、 $m^2$  当たり粒数と品質の関係に注目する。2018年では、品質低下が顕著となるのは  $m^2$  当たり粒数 37,000 粒以上で、格下理由は主に乳白であった。一方2019年は、検査等級は全体的に低下し、 $m^2$  当たり粒数に対する検査等級の一定の傾向は見られなかった。このうち、青未熟粒の発生要因としては、2019年8月6半旬から9月2半旬の多雨・寡照傾向やトビロウカカ等の多発等の影響が考えられたが判然としなかった。一方、格下理由のうち乳白は  $m^2$  当たり粒数 36,000 粒以上でみられた。前述のとおり‘やまだわら’の玄米品質低下では乳白粒および基部未熟粒の発生割合が高く<sup>8)</sup>、乳白粒および基部未熟粒は出穂後の高温によって増加することが知られているが<sup>15, 17)</sup>、試験1の移植期移動試験により、出穂後の高温を避けるためには6月中旬移植が適することはすでに述べたとおりである。また、乳白の発生要因には出穂後の高温のほか粒数過剰が知られており、今野ら<sup>4)</sup>によって‘ササニシキ’で  $m^2$  当たり粒数が増えるほど乳白粒は増加することが報告されている。今回の‘やまだわら’の試験結果においても  $m^2$  当たり粒数が 36,000 (2019年)～37,000 (2018年) 粒よりも多くなると乳白が発生する傾向が見られ、乳白が主な等級格下要因であったことから、粒数を 36,000 粒以下に制限することで、乳白による品質の低下を回避できると考えられる。 $m^2$  当たり粒数を 36,000 粒として品質が確保されたときの収量をそれぞれの年次の回帰式に当てはめて算出すると、2018年は 73.7kg/a、2019年は 65.3kg/a であった。

ここで、適正な  $m^2$  当たり粒数 36,000 粒を得るための総窒素施肥量について考察する。 $m^2$  当たり粒数は、総窒素施肥量と強い正の相関があったことから、総窒素施肥量 (x) kg/a と  $m^2$  当たり粒数 (y) 粒/ $m^2$

の関係性を回帰式で表すと、 $y = 11145x + 25283$  の式が得られた。得られた回帰式から、最適  $m^2$  当たり粒数を 36,000 粒として算出される総窒素施肥量は、約 1.0kg/a であった。

これらのことから、6月中旬移植‘やまだわら’で検査等級2等の品質を維持しつつ収量を最大化できる最適  $m^2$  当たり粒数は 36,000 粒で、これが目指すべき生育目標である。これは総窒素量 1.0kg/a を施肥することで達成できる。また、このときの収量は 65～74kg/a 程度が期待できる。

### 3 分げつ肥施肥試験

農研機構発行のマニュアルでは、窒素施肥の速効性肥料分施肥体系として、分げつ肥を移植3週間後に施肥する事例が示されている。しかし、マニュアルは6月中旬より早い5月中旬頃の早植え栽培が前提となっており、今回の試験とは栽培時期が異なる。そこで、6月中旬移植栽培での分げつ肥の効果を明らかにするため、分げつ肥施肥試験を行った。

まず、収量について考察する。標準区と比較したときに、分げつ肥を施肥した試験区では精玄米重が少ない傾向があった。移植期移動試験の結果から、6月中旬移植では早植え栽培と比べて移植から出穂までの日数が短縮していた。つまり、早植え栽培と比べて6月中旬移植では最高分げつ期から幼穂形成期に至る生育停滞期間(ラグ期)が短縮していると考えられる。一般にこの生育停滞期間に窒素の供給が切れると粒数が減少することが知られている<sup>14)</sup>。早植え栽培では生育停滞期間に必要な窒素成分が分げつ肥で供給されることで収量の向上につながると考えられる。しかし、6月中旬移植では生育停滞期間が早植え栽培よりも短縮されるため、この期間の窒素要求度は早植え栽培と比べて低下する。このため、基肥を減らして分げつ肥として移植後2～4週間後に施肥を行う効果は限定的であると推察された。また、一般に表層施用した施肥窒素の水稻による利用率は30～40%と低く、この低い利用率は、全層や深層施肥等によって改善できるとされている<sup>9)</sup>。よって、本県6月中旬移植においては、収量に対する基肥分施肥の効果は低いと考えられる。

一方、品質について、2019年でのみ分げつ肥14日区および分げつ肥21日区では検査等級は2等となり、他の試験区よりも検査等級が高かった。しかし、品質に影響を及ぼすような生育項目の差は認められず、品質向上の要因は判然としなかった。

収量および品質への分げつ肥の効果を総合的に考察すると、6月中旬移植における分げつ肥は、窒素



の利用率低下から初期生育が不足し、収量低下を引き起こす可能性があり、品質の向上効果については判然としなかった。このため基肥を減らして分けつ肥として追肥をする方法ではなく、基肥で施肥するほうが良いと考える。

#### 4 穂肥時期の検討

農研機構発行のマニュアルに記載された穂肥の時期は、穂肥を2回に分ける場合、出穂25日前および15日前で、穂肥時期としては「早め」と示されている。実際、本県の主な主食用米品種では、出穂前20日と10日が穂肥の施肥時期の基準であり、これと比べてマニュアルの記載はそれぞれ5日早い。そこで、6月中旬移植における穂肥時期の早進化による効果を明らかにするため、穂肥時期の検討を行った。

標準区と比較して穂肥早区は、生育、収量および品質において差がなかった。この理由について考察すると、マニュアルで示された出穂前25日～20日について、時期を判定するための目安は幼穂長2mm～5mmとの記載があるものの、本県6月中旬移植ではこの幼穂長となる時期は出穂前20日～15日であった（データ省略）。この幼穂長2mm～5mmは幼穂形成過程の穎花原基分化中期に相当する。つまり、6月中旬に移植することで、マニュアルが前提とする早植え栽培と比べて出穂前の日平均気温が高く推移し、幼穂形成から出穂までの日数が早植え栽培よりも短縮されるため、6月中旬移植は出穂前20日および10日の追肥であっても幼穂形成過程としては穎花原基分化中期で、早植え栽培における出穂前25日および15日の追肥に相当するものであると考えられる。しかし、6月中旬移植では、標準区と穂肥早区の比較で、生育、収量および品質に差がないことから、穂肥施肥時期は出穂25～20日前と15～10日前の期間の幅をもって施肥すればよいと考えられる。この特性は生産現場において穂肥を行う場合に穂肥可能期間が長くとれることから、作業計画が立てやすくなり、作業性の向上につながると考えられる。

#### 5 栽植密度試験

疎植栽培はコスト低減や病虫害被害を低減する方法の一つとして注目されており、業務用米の生産現場では一般的な技術として定着している。しかし、農研機構のマニュアルでは過度の疎植栽培での減収の可能性が指摘されており、15株/m<sup>2</sup>以上の栽植密度を推奨している。そこで、6月中旬移植の‘やまだわら’に適した栽植密度を検討するため3水準の栽植密度試験を実施した。

栽植密度の違いによる‘やまだわら’の収量構成

要素への影響は年次によって変化した。このことから、‘やまだわら’は気象の影響により適正な栽植密度が左右されやすいと考えられる。このため、極端な栽植密度による栽培は、年次変動による収量等増減のリスクが高いと推察される。

また、コスト削減に有効とされる疎植栽培においては、有意な差は認められないものの、試験を行った2年とも精玄米千粒重が標準区と比べて小さくなる傾向が見られた。このことは、マニュアルおよび最近の報告<sup>2) 3)</sup>にも指摘されており、考慮すべき点である。

以上より、気象による年次変動や精玄米千粒重の低下のリスクがあることから、‘やまだわら’は極端な疎植には向かないと考えられる。今回の試験では適正な範囲を示すことはできないが、疎植や密植を行う場合は極端な栽植密度は避けるべきであり、15.9株/m<sup>2</sup>程度の栽植密度が適していると考えられる。

#### 6 栽培技術の総合考察

試験2～5の結果から、本県6月中旬移植‘やまだわら’において、検査等級2等品質を得ながら最大収量を得る栽培技術について考察する。まず、試験2で目指すべき最適m<sup>2</sup>当たり粒数はおよそ36,000粒であることが明らかになり、これは総窒素施肥量1.0kg/aで達成できることを示した。本試験の施肥設計で最も近い施肥量であった区は第1表における⑬で、a当たり窒素量で基肥0.40kg、分けつ肥0.16kg、出穂前25日穂肥0.22kgおよび出穂前15日穂肥0.15kgを施肥し、総窒素施肥量が0.93kgの区であった。この区の栽培結果は2018年（2反復平均）収量72.0kgおよび検査等級は2等中、2019年（2反復平均）で収量63.3kgおよび検査等級2等下～3等中（格下理由、青未熟）であった。試験区⑬の収量は総窒素施肥量が1.0kgの時の期待収量64kg～73kgと比べてやや少ないが、総窒素施肥量が0.93kgとやや少ないことから、1.0kg施肥とすれば試験2で示した期待収量64～73kgに到達すると考えられる。一方、検査等級3等の格下理由の青未熟は気象および虫害の影響で年次特異的なことと考えられる。したがって、試験区⑬の施肥設計であれば概ね検査等級2等を維持できると推察される。試験3の結果で分けつ肥は基肥と合わせた方がよいことと、試験4の結果で穂肥は出穂25～20日前（穂肥Ⅰ）と出穂15～10日前（穂肥Ⅱ）に施肥するとよいことを踏まえ、試験区⑬の基肥と分けつ肥を合わせかつ総窒素施肥量が1.0kgとなるように施肥量を等倍して本試験で導き出される最良の施肥法とした。すなわち、a当たり窒素施

肥量で基肥 0.6kg, 穂肥 I 0.24kg および穂肥 II 0.16kg とすると, m<sup>2</sup>当たり 36,000 粒を確保し, 検査等級 2 等を維持して収量を確保できると推察される. さらに, 試験 5 により, その栽植密度は 15.9 株/m<sup>2</sup>程度が適する. この結果は, 本県の一般的な主食用米の栽培方法から大きく異なる点はなく, ‘やまだわら’ は主食用米の標準的な栽培方法が合う品種であると考えられる.

#### 7 収益性の考察

最後に, ‘やまだわら’ の収益性について検討する. 検討にあたっては熊本県の主食用米品種で最も栽培面積の多い<sup>5)</sup> ‘ヒノヒカリ’ を基準とした. 本研究所内で別に行っている奨励品種決定調査試験では, 熊本県認定品種である ‘やまだわら’ のほか, 奨励品種である ‘ヒノヒカリ’ 等が供試されている. この奨励品種決定調査の標肥栽培では, 窒素量で基肥, 出穂前 20 日, 出穂前 10 日 = 0.5, 0.3, 0.2kg/a (総窒素量 1.0kg/a) を施肥している. 栽植密度は 15.9 株/m<sup>2</sup> で, 移植は 1 株 3 本の手植えである. この耕種概要は本試験の考察 6 の結論と総窒素量, 基肥および 2 回の分施という施肥法および栽植密度が共通し, 毎年 6 月 21 日前後の移植で試験を行っており, 6 月下旬移植とはいえど 6 月中旬にごく近く栽培されている. この試験における ‘ヒノヒカリ’ の 2018 年と 2019 年の収量はそれぞれ 62.2kg/a, 53.6kg/a であり, これは本県平坦地で標準的な栽培を行った場合の収量と比較しても同等以上の収量であることから, ‘ヒノヒカリ’ の収量参考値とした.

まず, 2018 年で m<sup>2</sup>当たり粒数 36,000 粒を確保した ‘やまだわら’ の収量は試験 2 の回帰式から算出するとおおよそ 73.7kg/a である. これは同年産 ‘ヒノヒカリ’ の収量 62.2kg/a の 1.18 倍にあたる. 2019 年で同様に考えると, ‘やまだわら’ の収量はおおよそ 65.3kg/a で ‘ヒノヒカリ’ の 1.22 倍であった. 米の価格は情勢によりある程度の変動があるが, 今回の試験結果では ‘やまだわら’ の価格が ‘ヒノヒカリ’ の価格の 82%以上であれば単位面積当たりの収益が同等以上となる. ただし, 単収が高まれば, 収穫にかかる時間, 輸送にかかる時間や費用, 収穫粒の乾燥費の増加等によるコストの発生が避けられない. コスト増加の程度は, 経営の規模や集荷方法, 出荷先等の条件により異なるが, 家庭向用米に比べて業務用米は収量および品質を落とすことなくできるだけ低コスト栽培を行う必要があり, この点は今後の検討課題である.

#### VI 引用文献

- 1) 林田裕樹 (2020) : 阿蘇地域における業務用水稲品種 ‘やまだわら’ の移植適期は 5 月中～下旬である. 熊本県農業研究成果情報, No.894.
- 2) 小林英和, 長田健二 (2018) : 業務・加工利用向け水稲品種「やまだわら」の収量と品質に及ぼす疎植の影響. 農研機構研究報告西日本農業研究センター, 18, 1-11.
- 3) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター (編) (2018) : 業務・加工利用向け水稲品種「やまだわら」多収栽培マニュアル. 農研機構西日本農業研究センター.
- 4) 今野周, 今田孝弘, 中山芳明, 宮野斉, 三浦浩, 高取寛, 早坂剛 (1991) : 登熟期の環境要因及び生育条件が水稲の登熟, 収量及び品質に及ぼす影響. 山形県立農業試験場研究報告, 25, 7-22.
- 5) 熊本県 (編) (2020a) : 「くまもとの農林水産業 2020」, 熊本県農林水産部, 54.
- 6) 熊本県 (2020b) : 「令和 2 年度熊本県主要農作物奨励品種特性表」, 熊本県農林水産部, 熊本, <https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/76/554.html> (2021 年 11 月 10 日閲覧)
- 7) 長田健二, 小林英和, 千葉雅大 (2018) : 温暖地西部地域における業務・加工用向け水稲品種「あきだわら」および「やまだわら」の生育収量特性. 農研機構研究報告西日本農業研究センター, 18, 75-86.
- 8) 長田健二 (2020) : 業務用向け水稲品種「あきだわら」, 「やまだわら」の西日本における生育収量および品質特性. 農業および園芸 95, (12), 1041-1046.
- 9) 日本土壌肥料学会 (編) (1982) : 「施肥位置と栽培技術—現状と問題点—」, 博友社, 7.
- 10) 農林水産省 (2021) : 米に関するマンスリーレポート (令和 3 年 3 月号). 農林水産省, 東京, <https://www.maff.go.jp/j/seisan/keikaku/soukatu/mr.html> (2021 年 9 月 8 日閲覧)
- 11) 農林水産省 (2021) : 米をめぐる状況について (令和 3 年 8 月). 農林水産省, 東京, [https://www.maff.go.jp/j/seisan/kikaku/kome\\_siryoutu.htm](https://www.maff.go.jp/j/seisan/kikaku/kome_siryoutu.htm) (2021 年 11 月 22 日閲覧)
- 12) 農林水産省 (2018) : 作物統計調査作況調査(水陸稲、麦類、豆類、かんしょ、飼料作物、工芸農作物) 確報(平成 30 年産), 農林水産省生産流通消費統計課, 東京, [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kome/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html) (2022 年 1 月 25 日閲覧)
- 13) 農林水産省 (2019) : 作物統計調査作況調査(水陸稲、

- 麦類、豆類、かんしょ、飼料作物、工芸農作物) 確報 (令和元年産), 農林水産省生産流通消費統計課, 東京,  
[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kome/index.html](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html) (2022年1月25日閲覧)
- 14) 清野馨 (1980): 被覆尿素と暖地移植水稻の栽培. 農業と科学, 6, 1-2.
- 15) 高橋渉 (2006): 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農業および園芸, 81(9), 1012-1018.
- 16) Muggeo V.M.R. (2021): Regression models with break-points/change-points estimation. <https://cran.r-project.org/web/packages/segmented/segmented.pdf> (2021年10月12日閲覧)
- 17) 若松謙一, 佐々木修, 上菌一郎, 田中明男 (2007): 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 76 (1), 71-78.

## Summary

### Growth Objective of Commercial Rice Variety 'Yamadawara' in Kumamoto Prefecture

#### Is 36,000 Grains/m<sup>2</sup> after Transplanting in Mid-June

Yuki MATSUBARA, Yasuhiro FUJII and Naomi KISHITA

(Agricultural Horticultural Research Institute)

Nationwide in Japan, the demand for rice to cook at home is declining, and there is a surplus supply. Meanwhile, the demand for rice in the restaurant, frozen foods and takeaway meal industries is growing. People in those industries want rice for use in business to be cheaper than that for home use, and to have a grain appearance quality of grade 2 or higher. On the other hand, farmers need high-yield varieties due to the lower commodity price than for home use, and they require varieties that can be cultivated like conventional ones. Businesses in Kumamoto Prefecture using rice varieties suitable for southwestern warm regions in Japan certified the high-yield variety 'Yamadawara' in 2018. Breeding tests (Fukuyama City, Hiroshima) found that 'Yamadawara' has a high yield of 79.6 kg/a when transplanted in mid-May. While it is known that the later the transplantation time, the lower the yield, the main transplant period is mid-June in the main cultivation areas of Kumamoto Prefecture, such as the flatlands or mountainous. Moreover, no cultivation method has been established for this variety to achieve high yield and a quality of grade 2 or higher. We therefore conducted a survey to clarify the growth objective and cultivation methods to obtain the required yield and quality. We examined the effects of transplantation timing, nitrogen application conditions, and planting density on the yield and grain quality in five experiments. Our results were as follows. First, transplantation occurring earlier than mid-June produced a higher yield but lower grain quality. Transplanting in mid-June is therefore suitable for 'Yamadawara'. Second, we examined the relation between grain number per area and yield or grain appearance quality. Yield was maximized at 37,000–39,000 grain/m<sup>2</sup>; it was 66.8–80.8 kg/a, and did not increase with further grain numbers. On the other hand, the higher the grain number per area, the lower the grain quality grade in 2018. This relation was not clear in 2019, however. White immature grain, one of the causes of quality deterioration, was observed in more than 36,000 grain/m<sup>2</sup>. Thus, in order to achieve 2 grade or higher, the growth objective was 36,000 grain/m<sup>2</sup>, with a yield of 65.3–73.7 kg/a. Third, we examined the effect of nitrogen fertilization conditions during the increasing tiller number stage. We found that under the same conditions for total amount of nitrogen fertilizer, there was no difference in yield or grain quality with or without fertilization during the tiller period. Fourth, we examined suitable fertilization timing before heading by comparing fertilization 20 and 10 days before heading and five days earlier for each. We found no difference between the two. Fifth, for the planting density test, we compared sparse planting (13.9 plants/m<sup>2</sup>) and dense planting (18.5 plants/m<sup>2</sup>) to standard planting (15.9 plants/m<sup>2</sup>). Standard planting was considered to be the most suitable due to yearly differences. From the above, we derived the following insights. In Kumamoto Prefecture, the growth objective is 36,000 grain/m<sup>2</sup> to achieve high yield and a quality of grade 2 or higher for the business use rice cultivar 'Yamadawara' transplanted in mid-June. It is necessary to apply 0.6 kg/a nitrogen in advance, 0.24 kg/a nitrogen at 25–20 days before heading, and 0.16 kg/a nitrogen at 15–10 days before heading. About 15.9 plants/m<sup>2</sup> is a suitable planting density. Under these conditions, if the price of 'Yamadawara' exceeds 82% of the price of 'Hinohikari', the profits of farmers can be secured.

Key words: rice variety 'Yamadawara', rice for business use, growth objective, grain number per area, high-yield, grain appearance quality