

## 業務・加工用水稲品種「やまだわら」の多収条件

小林英和・長田健二

(農研機構西日本農業研究センター)

**要旨：**業務・加工用水稲品種「やまだわら」について、窒素施肥試験を実施するとともに、複数作期の栽培試験を比較して多収条件を検討し、それらをもとに平均単収の約 1.5 倍にあたる精玄米重  $800 \text{ g m}^{-2}$  以上達成のための栽培条件の提示を試みた。得られた最高収量は、2016 年の施肥試験における  $877 \text{ g m}^{-2}$  であり、「やまだわら」の多収性が確認された。窒素施肥による増収効果は年次によって異なり、2016 年は有意であったが、2015 年は有意ではなかった。その際、両年次とも、施肥量の増量によって籾数は有意に増加していたことから、登熟の良否が収量の施肥反応における年次間差をもたらししていると考えられた。実際に、複数作期の試験結果を利用し、登熟期の気象条件と収量の関連を解析したところ、出穂後 20 日間の日射量が高いほど収量も高くなる傾向が認められた。一方で、出穂後 20 日間の平均気温と籾数が高いほど整粒歩合が低下する傾向も認められた。これらの結果をもとに、「やまだわら」において、一定の品質（整粒歩合 60% 以上）を確保した上で、精玄米重  $800 \text{ g m}^{-2}$  以上を達成する条件を検討したところ、試験地である広島県福山市では 8 月 9～15 日に収穫する作期を選択したうえで、精玄米重  $800 \text{ g m}^{-2}$  以上が実現可能な籾数（41～45 千粒  $\text{m}^{-2}$ ）を確保する窒素施肥が必要と考えられた。

**キーワード：**気象条件、水稻、多収品種、窒素施肥、やまだわら。

近年、日本人のライフスタイルの多様化や世帯構成の変化にともない、食生活にも変化が生じている。特に顕著な変化として「食の外部化」の進行があげられ、1970 年には食料支出に占める調理済食品および外食の割合は 13.4% であったが、2010 年には 29.5% となっており、2035 年には 41.1% に達すると推計されている（米穀安定供給確保支援機構 2015）。このような傾向は米の消費動向にも当てはまり、1985 年には一人あたりの米消費量に占める中食・外食での消費の割合は 15.2% に過ぎなかったが、2015 年には 31% に達し、今後もシェアの拡大は続くと考えられている（米穀安定供給確保支援機構 2016）。

冷凍食品を含む中食・外食産業での米の利用においては、家庭での炊飯・消費と異なる点が多くあるため、いわゆる「主食用米」とは異なる性質が求められる（農林水産省 2017）。とりわけ中食・外食事業者が重視する点として「食味等の品質と価格のバランス」があげられており（米穀安定供給確保支援機構 2016）、これら事業者向けの米（業務・加工用米）では一定水準の品質を維持したうえで低価格であることが必須となっている。このようなニーズを受けて、近年、生産コスト低減に効果がある多収性を有するとともに、良食味も兼ね備えた業務・加工用水稲品種の育成が進められており（石井 2014）、農研機構作物研究所で育成された「やまだわら」もその一つである。「やまだわら」は、関東・北陸以西を栽培適地とする中生品種であり、収量  $750 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$  以上が可能な多収性を有していることに加え、「日本晴」並の米飯食味を有しており、粘りが強すぎない特徴から、中食・外食産業や冷凍米飯などでの利用が期待

されている（農研機構作物研究所 2012）。

業務・加工用米の栽培においては、主食用米と比べると高い収量水準が求められること、飼料用品種と比べると耐倒伏性が弱い品種が多く、また品質への配慮も求められることから、これら既存の品種とは異なる栽培技術が必要となる。そこで、本研究では、業務・加工用品種「やまだわら」の多収と良品質を両立するための条件を検討し、それをもとに平均単収の約 1.5 倍にあたる精玄米重  $800 \text{ g m}^{-2}$  以上達成のための栽培条件の提示を試みた。

### 材料と方法

#### 1. 窒素施肥試験

試験は、2015 年と 2016 年に農研機構西日本農業研究センターの試験圃場（広島県福山市、北緯  $34^{\circ} 30'$ 、東経  $133^{\circ} 23'$ 、標高 2 m、細粒灰色低地土）で実施した。苗はポット苗箱（みのる産業製）を用いて育苗し、2015 年は 5 月 29 日に 21 日齢の苗を、2016 年は 5 月 24 日に 22 日齢の苗を栽植密度  $22.2 \text{ 株 m}^{-2}$  ( $0.15 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ )、1 株 3 本で手植えた。窒素施肥は、分けつ肥と穂肥の施肥量を変えた 9 処理（第 1 表）を設定し、リン酸およびカリは全処理共通で各  $8 \text{ g m}^{-2}$  とした。なお、各処理区の面積は  $13.5 \text{ m}^2$  ( $5 \text{ m} \times 2.7 \text{ m}$ ) とし、2 反復乱塊法で設置した。病害虫管理および水管理は、当研究センターの慣行に従って実施した。また、試験期間中の気象データは、研究センター内の気象観測装置の測定値を用いた。

生育調査は穂揃期に実施した。1 区あたり 5 株について茎数、草丈および SPAD 値を立毛状態で測定した。なお、

第1表 施肥試験における窒素施肥量および施肥時期.

処理名	窒素施肥量 (g m <sup>-2</sup> )			
	基肥	分けつ肥	穂肥①	穂肥②
2015 年				
A (5, 3)	5	0	0	3
B (5, 5)	5	0	2	3
C (5, 7)	5	0	4	3
D (5, 9)	5	0	6	3
E (7, 3)	5	2	0	3
F (7, 5)	5	2	2	3
G (7, 7)	5	2	4	3
H (9, 3)	5	4	0	3
I (11, 3)	5	6	0	3
2016 年				
a (5, 0)	5	0	0	0
b (5, 3)	5	0	3	0
c (5, 6)	5	0	6	0
d (8, 0)	5	3	0	0
e (8, 3)	5	3	3	0
f (8, 6)	5	3	6	0
g (11, 0)	5	6	0	0
h (11, 3)	5	6	3	0
i (11, 6)	5	6	6	0

基肥は高度化成肥料 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14:14:14) を全層施肥.

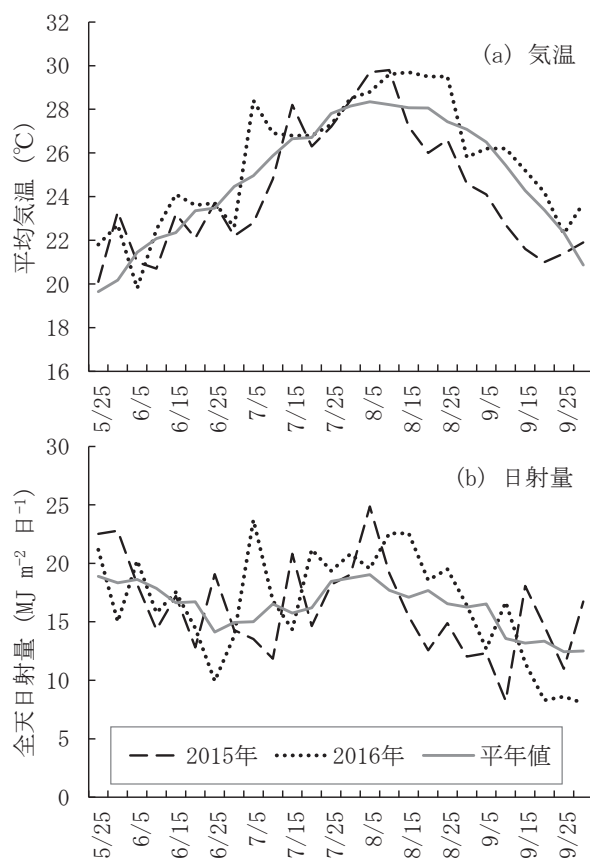
分けつ肥および穂肥は硫酸を施用.

施用時期は, 分けつ肥: 移植3週間後, 穂肥①: 出穂約24日前, 穂肥②: 出穂約15日前.

SPAD 値は, 主茎の止葉葉身中央部を対象に, 葉緑素計 (SPAD-502Plus, コニカミノルタ製) を用いて測定した.

収量および収量構成要素は, 成熟期 (2015 年: 9 月 30 日, 2016 年: 9 月 21 日) に 1 区あたり 30 株を採集し, 屋外の網室内で自然乾燥させたものを供試して調査した. また, 窒素・タンパク質分析装置 (rapid N, Elementar Analytical 製) を用いて玄米タンパク含有率を測定するとともに, 穀粒判別器 (RGQI10B, サタケ製) を用いて各区 2000 粒の精玄米の外観品質を調査した. なお, 精玄米はふるい目 1.8 mm で選別した玄米とし, 精玄米重, 精玄米千粒重および玄米タンパク含有率は水分含有率 15% の換算値で示した.

統計解析には, 統計ソフト (JMP<sup>®</sup> 11, SAS Institute Inc. 製) を用いた. 本試験は, 窒素施肥量という連続変数を要因とする試験であることから, 基肥+分けつ肥の窒素量, 穂肥窒素量およびその交互作用を説明変数とする重回帰分析を用いて要因の効果を検定した (岩井ら 2007, 前田 2008). なお, 登熟歩合, 整粒歩合および白未熟粒率に関しては, arcsin 変換を行った後, 解析した. また, 調査項目間の関連については, 単回帰分析または折れ線回帰モデルで解析した.



第1図 窒素施肥試験期間中の平均気温と全日射量.

値は半旬ごとの平均値を示す. 2015 年と 2016 年のデータは研究センター内の気象観測装置による値, 平年値はメッシュ農業気象データによる値を示す.

## 2. 気象条件と収量・品質の関連

1. の窒素施肥試験で得られたデータに加えて, 2014 年から 2016 年に当研究センターで実施した品種比較試験等での「やまだわら」のデータ (第 6 表) を用い, 気象条件と収量・品質の関連について回帰分析を行った. また, 得られた関係をもとに, メッシュ農業気象データ (農研機構農業環境変動研究センター提供) を用いて, 平年の気象条件における最適出穂時期の検討を行った.

## 結 果

### 1. 窒素施肥試験

施肥試験を実施した 2015 年および 2016 年の気象状況を第 1 図に示す. 2015 年は出穂期の 8 月上旬までは平年並みの気温・日射量であったが, 出穂後は気温・日射量とも平年を大きく下回った. 一方, 2016 年は, 気温・日射量とも平年並みか平年よりも高く推移したが, 登熟期間の後半にあたる 9 月は日射量が少なかった.

穂揃期の生育を第 2 表および第 3 表に示す. 生育前半の窒素施肥 (基肥+分けつ肥) の増量は, 2015 年には草丈を, 2016 年には草丈と SPAD 値を有意に増加させたが, 茎数と 2015 年の SPAD 値には有意な影響を与えなかった. 一方,

第2表 窒素施肥試験における穂揃期生育調査結果（2015年）.

	基肥 + 分げつ肥	穂肥	出穂期	草丈 (cm)	茎数 (本 m <sup>-2</sup> )	SPAD
A	5	3	8/9	104	393	35.0
B	5	5	8/9	110	382	34.7
C	5	7	8/9	114	384	37.3
D	5	9	8/9	117	395	39.1
E	7	3	8/9	106	373	33.9
F	7	5	8/9	112	382	35.5
G	7	7	8/9	114	386	36.7
H	9	3	8/9	115	395	34.8
I	11	3	8/9	114	417	34.4
要因の効果						
	基肥 + 分げつ肥			*	ns	ns
	穂肥			**	ns	**
	交互作用			ns	ns	ns

値は、それぞれ2区の平均値。各区5株を調査。

要因の効果は、重回帰分析におけるパラメータのt検定に依拠し、

\*は5%水準、\*\*は1%水準で有意であること、nsは5%水準で有意でないことを示す。

第3表 窒素施肥試験における穂揃期生育調査結果（2016年）.

	基肥 + 分げつ肥	穂肥	出穂期	草丈 (cm)	茎数 (本 m <sup>-2</sup> )	SPAD
a	5	0	8/6	97	376	29.2
b	5	3	8/5	107	399	32.8
c	5	6	8/6	111	437	36.6
d	8	0	8/5	103	400	31.4
e	8	3	8/5	110	392	32.8
f	8	6	8/5	115	411	35.7
g	11	0	8/6	106	396	30.6
h	11	3	8/6	112	402	34.2
i	11	6	8/6	117	450	37.1
要因の効果						
	基肥 + 分げつ肥			**	ns	*
	穂肥			**	ns	**
	交互作用			ns	ns	ns

値は、それぞれ2区の平均値。各区5株を調査。

要因の効果は、重回帰分析におけるパラメータのt検定に依拠し、

\*は5%水準、\*\*は1%水準で有意であること、nsは5%水準で有意でないことを示す。

穂肥の増量は、両年次とも、草丈およびSPAD値を有意に増加させたが、茎数には有意な影響を与えなかった。

窒素施肥による収量への影響に関しては、2015年と2016年で異なる傾向が認められた（第4表、第5表）。2015年では、窒素施肥量の増量は精玄米重に有意な影響を与えなかったのに対し、2016年では、基肥+分げつ肥と穂肥のいずれも、その増量により精玄米重を有意に増加させた。一方、窒素施肥の増量による収量構成要素への影響に関しては、両年次で共通の傾向も認められ、いずれの年次でも、穂肥の増量はm<sup>2</sup>あたりの籾数（以下、籾数）、一穂

籾数および千粒重を有意に増加させ、登熟歩合を有意に減少させた。

窒素施肥が収量に及ぼす影響の年次間差について、より詳細に検討するため、籾数と精玄米重の関連を調査した。2015年は籾数の変動に関わらず、精玄米重はほぼ一定であった（第2図a）。一方、2016年は籾数の増加にともなって精玄米重はある段階まで増加し、その後、頭打ちになる関係が認められた。この関係を、小林ら（2014）の方法に従って折れ線回帰モデルで解析したところ、45.3千粒m<sup>-2</sup>までは籾数の増加に応じて精玄米重は増加し、それ以上で

第4表 窒素施肥試験における収量調査結果 (2015年).

	基肥 + 分げつ肥	穂肥	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (千粒 m <sup>-2</sup> )	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク (%)
A	5	3	741	42.6	380	112	73.9	23.6	64.8	6.2
B	5	5	793	46.5	400	116	70.7	24.1	58.2	6.1
C	5	7	767	50.1	392	128	63.3	24.2	49.2	6.4
D	5	9	749	53.3	401	133	58.0	24.2	42.6	6.8
E	7	3	753	41.1	368	112	77.0	23.8	65.2	6.0
F	7	5	784	46.8	385	122	69.4	24.1	59.3	6.2
G	7	7	752	51.3	404	127	60.9	24.1	52.4	6.6
H	9	3	749	45.5	391	116	70.0	23.5	61.9	6.2
I	11	3	758	45.7	397	115	70.9	23.4	64.2	6.3
要因の効果										
基肥 + 分げつ肥			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
穂肥			ns	**	ns	**	**	**	**	**
交互作用			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

値は、それぞれ2区の平均値。各区30株を調査。精玄米重、千粒重、タンパクは水分15%換算値。

要因の効果は、重回帰分析におけるパラメータのt検定に依拠し、

\*は5%水準、\*\*は1%水準で有意であること、nsは5%水準で有意でないことを示す。

第5表 窒素施肥試験における収量調査結果 (2016年).

	基肥 + 分げつ肥	穂肥	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	籾数 (千粒 m <sup>-2</sup> )	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	一穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク (%)
a	5	0	628	31.6	337	94	88.5	22.5	52.7	5.5
b	5	3	786	40.1	373	108	84.2	23.3	51.2	5.4
c	5	6	872	45.3	390	116	81.4	23.7	45.7	5.7
d	8	0	701	35.4	354	100	87.8	22.6	52.8	5.4
e	8	3	816	42.1	370	114	83.8	23.1	50.2	5.5
f	8	6	877	47.3	391	121	79.3	23.4	50.8	5.9
g	11	0	716	36.4	360	101	87.6	22.6	50.7	5.4
h	11	3	847	44.1	386	114	83.0	23.1	58.2	5.6
i	11	6	869	51.5	424	121	72.8	23.2	62.1	6.0
要因の効果										
基肥 + 分げつ肥			*	**	ns	**	*	ns	*	ns
穂肥			**	**	**	**	**	**	ns	**
交互作用			ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns

値は、それぞれ2区の平均値。各区30株を調査。精玄米重、千粒重、タンパクは水分15%換算値。

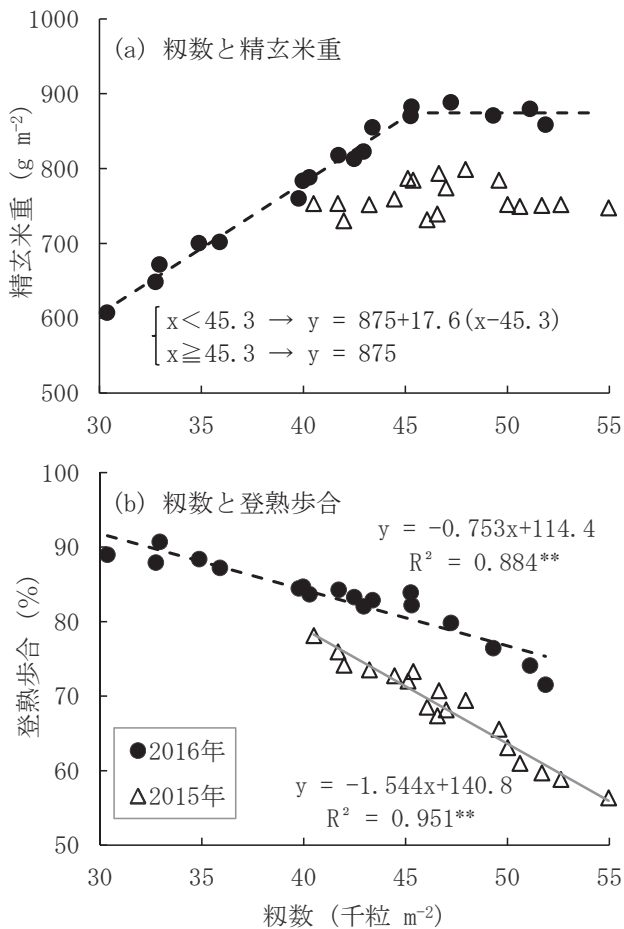
要因の効果は、重回帰分析におけるパラメータのt検定に依拠し、

\*は5%水準、\*\*は1%水準で有意であること、nsは5%水準で有意でないことを示す。

は精玄米重は875 g m<sup>-2</sup>で横ばいになると算出された。なお、このモデル式を用いて精玄米重 800 g m<sup>-2</sup>を得るために必要な籾数を推定すると、41.0 千粒 m<sup>-2</sup>以上と算出された。籾数と登熟歩合の関係に関しては、いずれの年次においても籾数の増加にともない登熟歩合が直線的に低下していたが、2015年のほうが有意水準1%で回帰直線の傾きが大きく、また、同程度の籾数水準(40~50 千粒 m<sup>-2</sup>)では登熟歩合が低かった(第2図b)。このような籾数と収量および登熟歩合の関係から、「やまだわら」の収量に関しては、登熟の良否が大きな影響を及ぼしていると考えられた。

窒素施肥による玄米の品質への影響についてみてみると、両年次とも、基肥+分げつ肥の増量は千粒重と玄米タンパク含有率に有意な影響を与えなかったが、穂肥の増量は両者を有意に増加させた(第4表、第5表、第3図)。一方で、外観品質への影響は年次により異なり、2015年では、基肥+分げつ肥の増量は整粒歩合に有意な影響を与えず、穂肥の増量は有意に低下させた(第4表、第4図)。2016年では、基肥+分げつ肥と穂肥の間に有意な交互作用が認められ、基肥+分げつ肥が少ない場合には穂肥の増量が整粒歩合を低下させ、多い場合には穂肥の増量が整粒歩

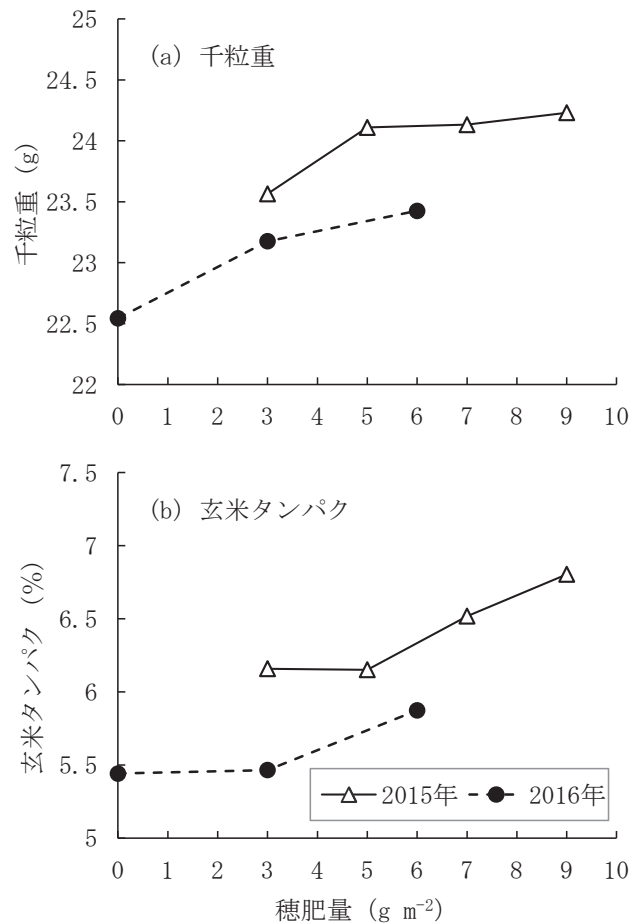




第2図 籾数と精玄米重 (a) および登熟歩合 (b) の関係。

各点は、反復区ごとのデータを示す。 $^{**}$  1%水準で有意であることを示す。なお、(a)の折れ線回帰は2016年のデータのみを用いて実施した。

合を上昇させた (第5表, 第5図)。このような整粒歩合における施肥反応の相違の要因を検討するため、白未熟粒の変動を検討したところ、2015年は穂肥の増量が基部未熟+腹白粒を有意に低下させ ( $P < 0.01$ )、乳白粒を有意に上昇させたが ( $P < 0.01$ )、変動幅としては乳白粒の上昇のほうが大きかった (第4図)。また、これらの白未熟粒に対する基肥+分けつ肥の影響および交互作用は有意ではなかった。2016年に関しては、2015年と同様に穂肥の増量が基部未熟+腹白粒を有意に低下させ ( $P < 0.01$ )、加えて、基肥+分けつ肥の増量も基部未熟+腹白粒を有意に低下させた ( $P < 0.05$ )。さらに、交互作用は有意でなかったものの ( $P = 0.059$ )、基肥+分けつ肥が多いほど、穂肥の増量による基部未熟+腹白粒の低下が大きい傾向が認められた (第5図b)。乳白粒に関しては、基肥+分けつ肥と穂肥の交互作用が有意であり ( $P < 0.05$ )、基肥+分けつ肥が多い場合には穂肥の増量による乳白粒の上昇が抑制されていた (第5図c)。これら白未熟粒の変動と基肥+分けつ肥の増量による2016年の穂摘期SPAD値の有意な増加 (第3表)をふまえると、2016年は基肥+分けつ肥の増量によって



第3図 穂肥量が千粒重 (a) および玄米タンパク (b) に及ぼす影響。各点は、平均値 ± 標準誤差を示す (n = 2~8)。

ソース能力が向上し、穂肥の増量にとまなう籾数過多などの悪影響が軽減されていた可能性が考えられた。

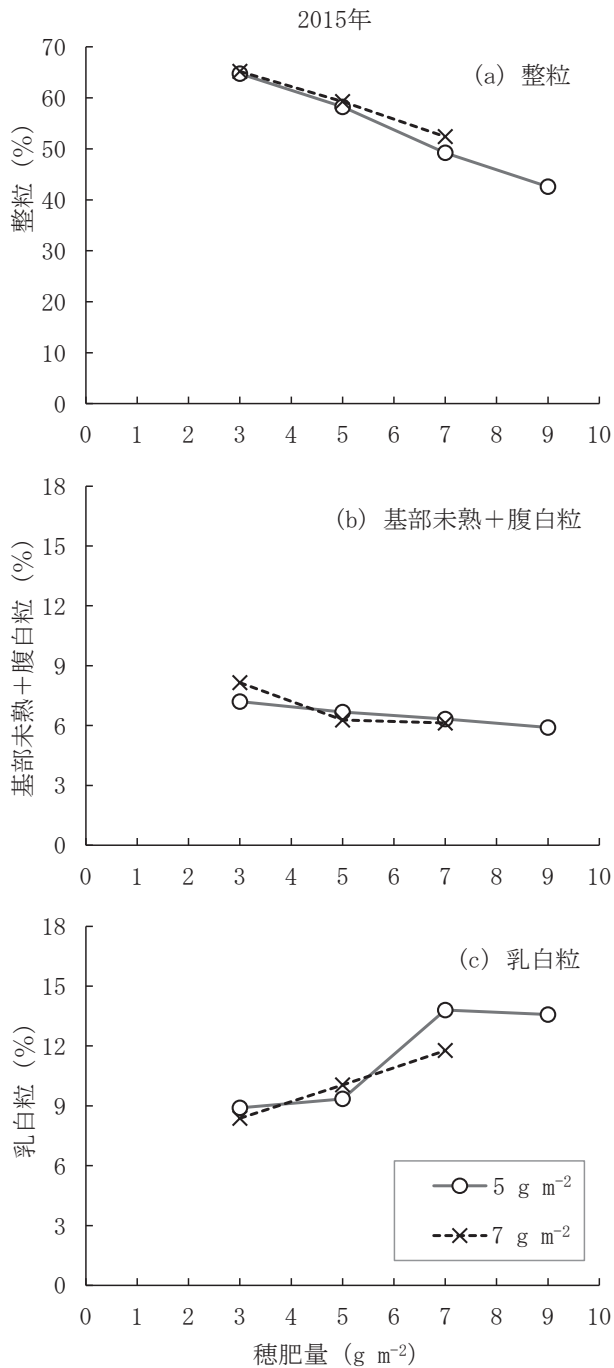
## 2. 気象条件と収量・品質の関連

「やまだわら」の収量には登熟の良否が大きな影響を及ぼしている可能性が示されたことから、これまでに当センターで実施した施肥水準と栽植密度条件が近い試験の結果 (第6表) をもとに、登熟期の気象条件と精玄米重の関連を解析した。その結果、出穂後20日間の日射量と精玄米重の間に有意な相関が見いだされた (第6図)。一方で、登熟期の気象条件は品質にも影響を与える可能性があることから、気象条件と整粒歩合の関連についても解析した。その結果、出穂後20日間の平均気温は、単独では整粒歩合との間に有意な相関が認められなかったが ( $r = -0.484$ )、出穂後20日間の平均気温 (°C) を説明変数  $X_1$ 、籾数 (千粒 m<sup>-2</sup>) を説明変数  $X_2$ 、整粒歩合 (%) を応答変数  $Y$  とする重回帰分析を行ったところ、これらの関係は (1) のような式であらわされた。

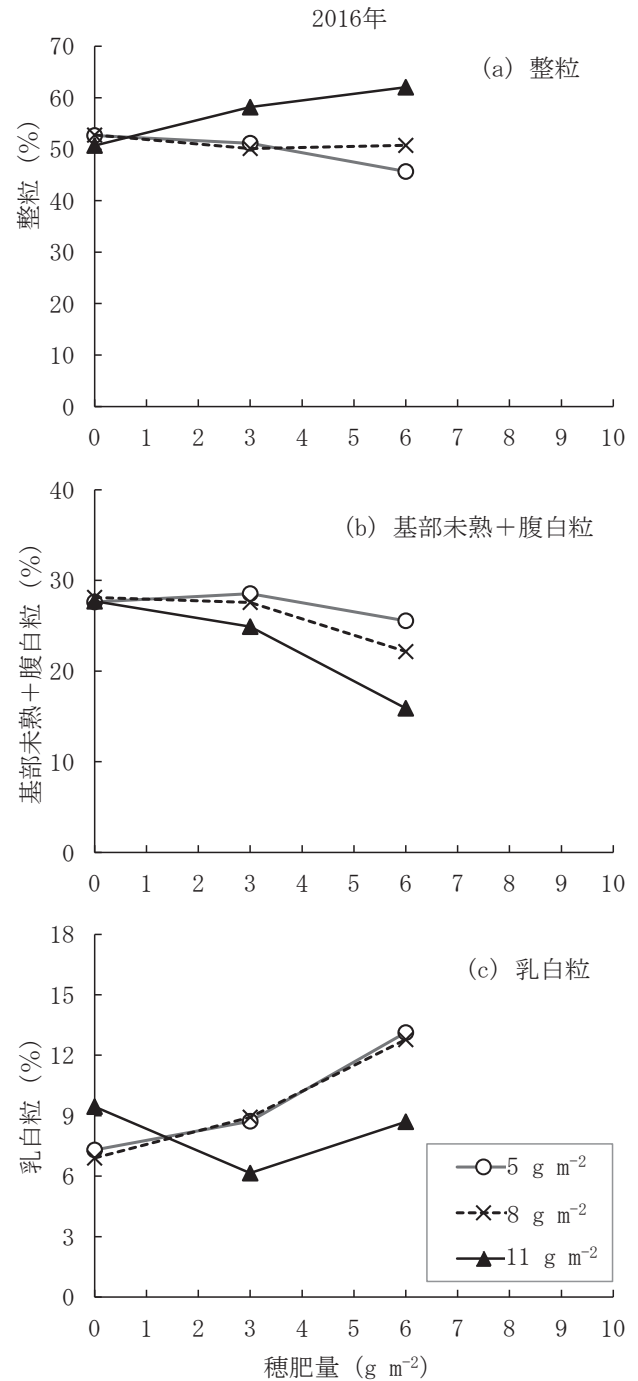
$$Y = 207.6 - 3.105 \times X_1 - 1.383 \times X_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$(25.4 \leq X_1 \leq 29.6, 39.8 \leq X_2 \leq 54.7)$$

得られた重回帰式の決定係数は  $R^2 = 0.808$  と高く、各パ



第4図 基肥+分けつ肥量が異なる条件での穂肥の増量が整粒 (a), 基部未熟粒+腹白粒 (b) および乳白粒 (c) の割合に及ぼす影響 (2015年). 各点は、平均値を示す (n = 2).



第5図 基肥+分けつ肥量が異なる条件での穂肥の増量が整粒 (a), 基部未熟粒+腹白粒 (b) および乳白粒 (c) の割合に及ぼす影響 (2016年). 各点は、平均値を示す (n = 2).

ラメータとも5%水準で有意であった (第7図). なお,  $X_1$  と  $X_2$  の交互作用は有意ではなかった.

### 考 察

本研究において, 「やまだわら」の精玄米重は, 2015年には最高  $793 \text{ g m}^{-2}$  (第4表, 処理B), 2016年には最高  $877 \text{ g m}^{-2}$  (第5表, 処理f) が得られ, 2か年を通じて「や

まだわら」の高い収量性が確認された. 一方で, 精玄米重の年次間差も認められ, 登熟の良否がその主因と考えられた (第2図). したがって, 登熟を良くすることが「やまだわら」における多収の要点の一つであると推察された.

水稻の登熟に対しては, 登熟期間中の気象条件の影響が大きく, 「やまだわら」においても窒素施肥水準を  $12 \sim 14 \text{ g m}^{-2}$  (うち穂肥量  $6 \sim 7 \text{ g m}^{-2}$ ) で揃えた条件と比較すると,

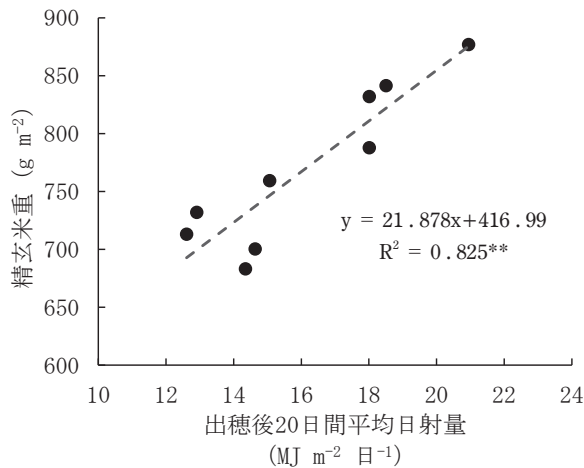
第6表 気象との関連解析に用いた試験の概要.

年次	移植日	出穂期	施肥量 ( $\text{g m}^{-2}$ )	精玄米重 ( $\text{g m}^{-2}$ )	籾数 (千粒 $\text{m}^{-2}$ )	登熟歩合 (%)	整粒歩合 (%)
2014	5/15	7/31	14	713	54.7	56.1	48.3
	5/29	8/12	14	683	46.6	68.2	56.1
2015	5/14	8/ 1	14	788	44.4	74.8	58.9
	5/15	8/ 1	12	832	46.3	77.8	60.5
	5/29	8/ 9	13	759	50.7	62.1	50.8
	6/ 9	8/16	12	732	39.8	77.7	74.2
2016	5/24	8/ 5	14	877	47.3	79.3	50.8
	6/ 7	8/13	12	841	42.2	84.8	59.4
	6/24	8/26	14	700	49.0	63.3	65.7

値は、それぞれ2～4区の平均値。精玄米重は水分15%換算値。

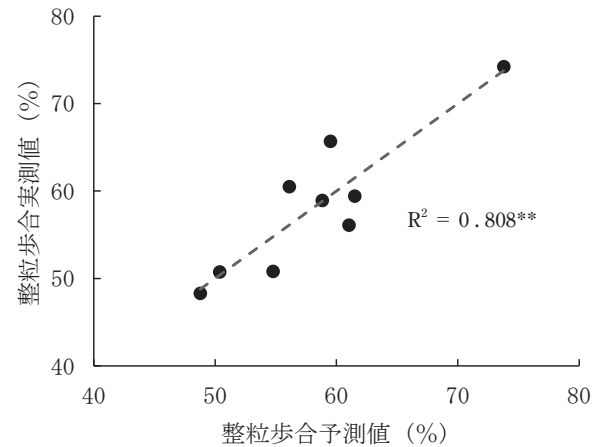
気象条件以外の要因をそろえるため、栽植密度22.2または18.5株 $\text{m}^{-2}$ 、

窒素施肥量12～14 $\text{g m}^{-2}$ （穂肥量6～7 $\text{g m}^{-2}$ ）の試験を使用した。



第6図 出穂後20日間平均日射量と精玄米重の関係.

\*\*1%水準で有意であることを示す.



第7図 籾数と出穂後20日間平均気温を説明変数とする整粒歩合に対する重回帰の予測値と実測値.

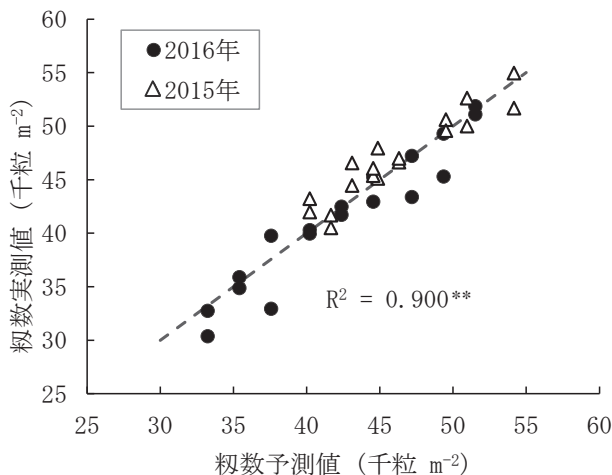
\*\*1%水準で有意であることを示す.

出穂後20日間の日射量と精玄米重の間に強い相関が認められた(第6図). 出穂後20日間は登熟の良否を決める重要な時期とされており, これまでも出穂後20日間の日照時間と精玄米収量や千粒収量との間に有意な相関があることが報告されている(森田2011). これらのことから, 「やまだわら」においても, 出穂後20日間の日射量が高くなるほど, 高い収量が得られるものと考えられた. 一方で, 登熟期間の気象条件は, 収量だけでなく, 品質にも影響を与える. これまでに, 登熟期間の気温が高いと白未熟粒の発生が増加すること, また, 白未熟粒の一種である乳白粒の発生は籾数が多い状態で高温に遭遇すると多発することが示されており(森田2008), 高温や籾数過多は品質を低下させる要因となる. 「やまだわら」においても, 出穂後20日間の平均気温および籾数と整粒歩合の間に(1)式のような関係が認められ, 登熟期間の平均気温が高いと整粒歩合が低下することが明らかとなった. 一般的に, 日射量が高いほど気温も上昇することから, 多収が期待される高

日射条件では, 高温によって整粒歩合が低下する可能性があり, 栽培地の気象条件に応じて多収と良品を両立する最適な作期を検討する必要性が考えられる.

「やまだわら」の収量の変動に関しては, 登熟に加えて, 籾数の変動も関与していた(第2図a). 登熟期の日射条件の良かった2016年では, 籾数の増加にともなって精玄米重が増加し, 籾数41.0千粒 $\text{m}^{-2}$ で精玄米重800 $\text{g m}^{-2}$ に達するが, 45.3千粒 $\text{m}^{-2}$ 以上では増加しなくなった. 一方, 登熟期の日射条件が悪かった2015年では, 籾数の増加が精玄米重の増加にはつながらなかったが, 反面, 低下も引き起こさなかった. これらの結果を踏まえると, 「やまだわら」の多収栽培での目標籾数は, 2016年の試験で精玄米重が800 $\text{g m}^{-2}$ を超えた41.0千粒 $\text{m}^{-2}$ から最大に達した45.3千粒 $\text{m}^{-2}$ の範囲と推定された.

これらの関係をふまえて, ここから, 「やまだわら」で多収と良品を両立するための条件を検討していきたい. まず, 目標籾数の達成に関して検討すると, これまでに,



第8図 基肥+分げつ肥量と穂肥量を説明変数とする籾数に対する重回帰の予測値と実測値。  
各点は、反復区ごとのデータを示す。\*\*1%水準で有意であることを示す。

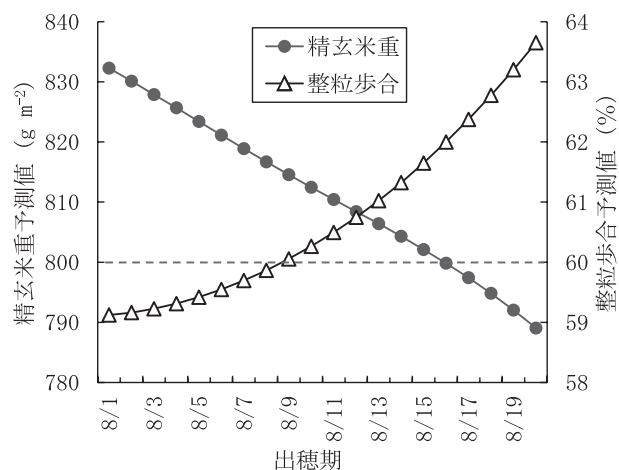
水稻の籾数は窒素栄養状態の影響を強く受けることが示されていることから（小林ら2014, Wadaら1986），窒素施肥量の調整により目標籾数の達成が可能と考えられる。実際に，2年間の施肥試験のデータを合わせて，基肥+分げつ肥の窒素量を説明変数 $X_1$ ，穂肥窒素量を説明変数 $X_2$ ，籾数を応答変数 $Y$ とする重回帰分析を行ったところ，(2)のような式であらわされた。

$$Y = 722.5 \times X_1 + 2324.9 \times X_2 + 29625.5 \dots\dots\dots (2)$$

$$(5 \leq X_1 \leq 11, 0 \leq X_2 \leq 9)$$

得られた重回帰式の決定係数は $R^2=0.900$ と高く，各パラメータとも5%水準で有意であり，また，年次による偏りも認められなかった（第8図）。なお， $X_1$ と $X_2$ の交互作用は有意ではなかった。

次に，(2)式や第3図，第4図，第5図に示す穂肥量と玄米品質の関係をもとに，適切な窒素施肥量を検討してみたい。まず，収量面に関しては，(2)式で穂肥（ $X_2$ ）の偏回帰係数のほうが基肥+分げつ肥（ $X_1$ ）の偏回帰係数よりも値が大きいことから，基肥+分げつ肥に比べて穂肥の増収効果が高いことがわかり，施肥コスト低減のためには穂肥の重点的な施用が効果的と考えられる。また，穂肥量の増量により千粒重が増加することも，穂肥の重要性を示唆している（第3図a）。一方で， $5 \text{ g m}^{-2}$ を超える穂肥は玄米タンパク含有率を上昇させることから（第3図b），穂肥への過剰な重点化は食味面で問題となりうる。これらの点から，穂肥量としては $3 \sim 5 \text{ g m}^{-2}$ が適当と考えられ，対応する基肥+分げつ肥の量は，(2)式から，籾数 $41 \text{ 千粒 m}^{-2}$ で $0 \sim 6 \text{ g m}^{-2}$ ，籾数 $45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ で $5 \sim 12 \text{ g m}^{-2}$ と算出された。さらに，基肥+分げつ肥の少ない条件での穂肥の増量が整粒歩合の低下を引き起こす可能性をふまえ（第5図），整粒歩合の大幅な低下を引き起こさず，かつ，施肥量を抑えられる施肥体系を窒素施肥量と整粒歩合の関係（第4図，



第9図 出穂期別の精玄米重および整粒歩合の予測値。

広島県福山市における平年の気象条件での推定値を示す。整粒歩合は籾数 $45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ とした場合の推定値であり，籾数 $41 \text{ 千粒 m}^{-2}$ では，整粒歩合が60%を下回ると推定される出穂日はなかった。

第5図）から検討すると，籾数 $41 \text{ 千粒 m}^{-2}$ では基肥+分げつ肥 $5.0 \text{ g m}^{-2}$ および穂肥 $3.3 \text{ g m}^{-2}$ ，籾数 $45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ では基肥+分げつ肥 $6.8 \text{ g m}^{-2}$ および穂肥 $4.5 \text{ g m}^{-2}$ といった体系が候補として考えられた。

つづいて，気象条件と収量・品質の関係を利用して，試験地である広島県福山市を例に，多収と良品を両立するための作期について検討してみたい。まず，出穂後20日間の日射量と精玄米重の関係（第6図）から，「やまだわら」で $800 \text{ g m}^{-2}$ 以上の収量を得るために必要な出穂後20日間の平均日射量は $17.5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ 日}^{-1}$ 以上と算出され，福山市の平年の気象条件では8月15日までに収穫する必要があると推定された。同様に，(1)式であらわされた出穂後20日間の平均気温と整粒歩合の関係から，2等米の基準である整粒歩合60%以上を実現するための出穂後20日間の平均気温は，籾数 $41 \text{ 千粒 m}^{-2}$ の条件では $29.2^\circ\text{C}$ 以下，籾数 $45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ の条件では $27.5^\circ\text{C}$ 以下と算出され，福山市の平年の気象条件では，籾数 $41 \text{ 千粒 m}^{-2}$ の条件ではいずれの出穂日でも問題ないが，籾数 $45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ の条件では8月9日以降に収穫する必要があると推定された（第9図）。したがって，「やまだわら」で一定の品質（整粒歩合60%以上）と多収（精玄米重 $800 \text{ g m}^{-2}$ 以上）を両立するためには，8月9日から15日の間に収穫することが望まれ，栽培試験での移植日と出穂期（第6表）をふまえると，その実現には5月末から6月上旬に移植する必要があると考えられた。

以上の結果をまとめると，「やまだわら」で多収と良品を実現するためには，平年の気象条件で登熟条件が良好となる時期（福山市では8月9日から15日の間）に収穫することが望まれ，加えて，籾数 $41 \sim 45 \text{ 千粒 m}^{-2}$ を確保する必要があると考えられた。また，品質を維持しつつ目標籾数を得るための窒素施肥体系としては，目標籾数 $41$



千粒  $\text{m}^{-2}$  では基肥 + 分けつ肥  $5.0 \text{ g m}^{-2}$  および穂肥（出穂 24 日前） $3.3 \text{ g m}^{-2}$ 、同 45 千粒  $\text{m}^{-2}$  では基肥 + 分けつ肥  $6.8 \text{ g m}^{-2}$  および穂肥  $4.5 \text{ g m}^{-2}$  といった体系が候補として考えられた。なお、本試験の結果は、広島県福山市で実施したものであり、実際の普及にあたっては、各地域の条件に応じた調整が必要になると考えられるが、本報告が「やまだわら」をはじめとする業務・加工用米の普及をはかる上で、参考になれば幸いである。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、西日本農業研究センター栽培管理グループならびに業務第 1 科の皆様にご多大なご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

### 引用文献

米穀安定供給確保支援機構 2015. ライフスタイルの変化と米消費の動向. 米に関する調査レポート H26-6.  
米穀安定供給確保支援機構 2016. 中食・外食事業者等の米の仕入等の動向. 米に関する調査レポート H28-1.  
石井卓朗 2014. イネの育種展望と新品種-1) 食用加工用品種.

JATAFF ジャーナル 2 (2): 4-6.

岩井一弥・倉持仁志・竹内安智 2007. クリーピングベントグラス (*Agrostis palustris* Huds.) の生育に及ぼす 5-アミノレブリン酸と微量要素入り液状窒素肥料の組み合わせの影響. 芝草研究 35: 99-104.

小林英和・千葉雅大・長田健二 2014. 地上部窒素吸収量の増大による水稲多収品種の収数増加とその限界. 日作紀 83: 374-379.

前田和寛 2008. 重回帰分析の応用的手法 - 交互作用項ならびに統制変数を含む分析 -. 比治山大学短期大学部紀要 43: 69-73.

森田敏 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀 77: 1-12.

森田敏 2011. イネの高温障害と対策. 農文協, 東京. 1-143.

農研機構作物研究所 2012. 新しい米を創る 2012. [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/120221newrice.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/120221newrice.pdf) (2017/4/3 閲覧).

農林水産省 2017. 米をめぐる状況について (平成 29 年 3 月). [http://www.maff.go.jp/j/seisan/kikaku/attach/pdf/kome\\_siryō-50.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kikaku/attach/pdf/kome_siryō-50.pdf) (2017/4/3 閲覧).

Wada, G., Shoji, S. and Mae, T. 1986. Relationship between nitrogen absorption and growth and yield of rice plants. JARQ 20: 135-145.

**Increasing the Brown Rice Yield of Palatable Cultivar “Yamadawara” to over  $800 \text{ g m}^{-2}$  : Hidekazu KOBAYASHI and Kenji NAGATA (Western Region Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization, Fukuyama 721-8514, Japan)**

**Abstract :** The food-service industry demands inexpensive and palatable rice. The cultivar “Yamadawara” produces high yields of palatable rice, thereby satisfying this demand. To clarify the requirements for high yields (above  $800 \text{ g m}^{-2}$ ) of brown rice in “Yamadawara”, we examined the effects of nitrogen application on yield in different growth seasons. Increasing nitrogen application levels led to a significantly higher yield in 2016 but had no significant effect in 2015. Nitrogen application led to significantly higher spikelet number per area in both years. Therefore, the difference in yield response with the year was attributed to spikelet maturation. Solar irradiation during the first part of the maturation period (until 20 days after heading) had a significant positive correlation with yield. However, the mean temperature during the same period had a significant negative correlation with appearance quality. Based on these results, we concluded that the requirements for obtaining a yield above  $800 \text{ g m}^{-2}$  in “Yamadawara” were (1) heading between 9 and 15 August in Fukuyama, and (2) application of nitrogen fertilizer sufficient to produce 41,000–45,000 spikelets  $\text{m}^{-2}$ .

**Key words :** High-yielding cultivar, Nitrogen fertilizer, *Oryza sativa*, Weather conditions, Yamadawara.