

水稻品種「みねはるか」の愛知県平坦部における高温登熟性の実態調査

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者名	本庄,弘樹 坂,紀邦 伴,佳典 杉浦,直樹 杉浦,和彦 谷,俊男
発行元	愛知県農業総合試験場
巻/号	45号
巻号補足	
掲載ページ	p. 27-35
発行年月	2013年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



水稻品種「みねはるか」の愛知県平坦部における 高温登熟性の実態調査

本庄弘樹¹⁾・坂 紀邦²⁾・伴 佳典³⁾・杉浦直樹⁴⁾・杉浦和彦²⁾・谷 俊男⁵⁾

摘要：近年、愛知県では夏季の高温に起因する白未熟粒の発生により、「コシヒカリ」の外観品質低下が深刻である。このため「コシヒカリ」と同熟期の水稻品種「みねはるか」について愛知県平坦部における高温登熟性の実態調査を行った。その結果、高温年でも「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも白未熟粒の発生が少なく、整粒歩合が優れた。特に「みねはるか」は地力の低いほ場でも「コシヒカリ」に比べ基部未熟粒の発生が少なかった。更に「みねはるか」の収量は「コシヒカリ」と同等であり、食味も良好であった。また、「みねはるか」は愛知県平坦部で栽培されている「コシヒカリ」と同様の栽培体系で施肥を20%程度増加させることで品質を低下させずに精玄米重を増加できる。

キーワード：水稻、みねはるか、高温登熟性、白未熟粒、平坦部

Ripening Ability under High Temperature Grain-filling Conditions of the Rice Cultivar Mineharuka

HONJO Hiroki, SAKA Norikuni, BAN Yoshinori, SUGIURA Naoki,
SUGIURA Kazuhiko and TANI Toshio

Abstract: A serious reduction in the grain quality of Koshihikari rice has been noted in Aichi Prefecture in recent years because of the generation of white immature grains due to high summer temperatures. Therefore, we verified the ripening ability under high temperatures and cultivation potential of Mineharuka, which has the date of ripening almost the same as that for Koshihikari. Mineharuka generated few white, immature grains, and the normal grain rate was superior to that of Koshihikari in high temperature years. Especially, even in low soil productivity conditions, Mineharuka generated few base immature grains compared to that by Koshihikari. The yields of Mineharuka were almost equivalent to those of Koshihikari, and they tasted good. Thus, the yields of Mineharuka can be increased without reducing the rice quality, by using the same growing methods as that for Koshihikari, except for a 20% increase in the fertilizer application rate.

Key Words: Rice, Mineharuka, Ripening ability under high temperature condition,
White immature grain, Flat part

本研究の一部は日本作物学会東海支部会第141回講演会（2010年9月）及び日本作物学会第231回講演会（2011年3月）において発表した。

¹⁾ 作物研究部（現農業大学校） ²⁾ 作物研究部 ³⁾ 西三河農林水産事務所（現作物研究部）
⁴⁾ 企画普及部（現農業大学校） ⁵⁾ 企画普及部

(2013. 10. 3 受理)

緒 言

愛知県では31000 ha（2010年）の水稻作付面積のうち7310 ha、23.5%を「コシヒカリ」が占めている。「コシヒカリ」の出穂期は7月下旬～8月上旬であり、1年で最も高温な時期に登熟する。このため、近年、高温による登熟不良、特に白未熟粒の多発による外観品質の低下が問題となっている。2008年の夏季は、これまでに記録したことがないほどの高温に経過したため、愛知県の「コシヒカリ」の1等米比率は12%という極めて低い状況となった。

水稻の高温登熟性に関しては、品種間差異が存在する¹⁻⁴⁾。近年では「てんたかく」⁵⁾、「にこまる」⁶⁾等の高温登熟性に優れる品種も誕生している。

登熟期の高温で発生する主な白未熟粒は、乳白粒、背白粒、基部未熟粒である。乳白粒は出穂後20日の平均気温が高まると増加する傾向にあるが、日射量等の影響も強い⁷⁾。一方、基白粒・背白粒は、出穂後の気温の影響を強く受ける^{7, 8)}。このため、地域によりそれぞれの気象条件に適合する高温耐性品種の導入が必要となる。

しかしながら、近年の異常ともいえる夏季の高温による「コシヒカリ」の外観品質低下は県内の稲作農家収入の大幅な減少をもたらしている。これを回避するために、「コシヒカリ」の栽培方法の改善とともに、現在の愛知県奨励品種の中で高温条件においても良品質米を生産できる高温登熟性に優れる品種の選定が急務となっている。

2008年に愛知県の中山間地向け水稻奨励品種として採用された「みねはるか」⁹⁾は、「コシヒカリ」と同じ熟期で、いもち病に強く食味も良いことから、北設楽郡設楽町（標高600 m）を中心に作付けが開始されている。「みねはるか」は遮光条件下の高温寡照耐性検定では高温登熟性に優れるとの報告¹⁰⁾があるが、愛知県平坦部を始め夏季に高温となる地域での栽培例は少なく、生産現場である農家は場での高温登熟性については未確認であった。

このため、「みねはるか」について、愛知県平坦部に含まれる、安城市、刈谷市、岡崎市、西尾市、碧南市で現地ほ場試験を行い、同熟期の「コシヒカリ」と比較することで高温登熟性について検討したので報告する。

材料及び方法

1 試験場所及び試験区の設定

表1に示すように、2009年は安城市池浦町にある愛知農総試作物研究部水田利用研究室ほ場（場内）と、安城市3か所、刈谷市1か所、岡崎市1か所、西尾市1か所の現地ほ場（現地）の計7か所で、2010年は場内と安城市3か所、刈谷市1か所の現地の計5か所で試験を行った。2011年は場内及び安城市2か所、刈谷市3か所、碧

南市2か所の計8か所で行った。供試品種は「みねはるか」、対照品種は「コシヒカリ」とした。

場内、現地ともに「コシヒカリ」に準じた肥培管理を行った。2009年は「みねはるか」と「コシヒカリ」は同施肥量（標肥）で栽培した。2010年は標肥に加え、「みねはるか」のみ「コシヒカリ」よりも場内は30%、現地は20%増肥した増肥区（増肥）を設けた。2011年は、ほとんどの現地で「コシヒカリ」よりも「みねはるか」を増肥栽培した。また、2011年には「みねはるか」栽培ほ場11か所、「コシヒカリ」5か所において培養窒素を測定した（表1）。

すべてのほ場で肥効調節型肥料を使用し、標肥の窒素施肥量は2009年が0.40～0.52 kg/a、2010年が0.50～0.56 kg/a、2011年は「みねはるか」は0.48～0.70 kg/a、「コシヒカリ」は0.50～0.60 kg/aとした。

2 調査方法

試験は2区制で行った。稈長、穂長、穂数の調査は連続した10株の平均値を用いた。倒伏程度は0（無）～5（甚）の6段階の達観で調査した。成熟期に2009年及び2010年は50株（10株×5条）、2011年は30株（10株×3条）を部分刈りし、脱穀、籾すり後、1.85 mmの篩に通したのについて精玄米重及び千粒重を調査して、水分14.5%に換算した。登熟歩合は生育中庸な3株について、1.85 mmの篩を通した精玄米数を全籾数で除することで算出した。

玄米タンパク質含量は近赤外分光光度計6500HON（株式会社ニレコ、東京）により測定した。玄米外観品質は穀粒判別機RCQ110（株式会社サタケ、広島）により測定した。食味官能検査は、簡易ワンパス精米機YNS-240（株式会社山善、大阪）を用いて玄米を約90%にとう精後、食糧庁が制定した「米の食味試験実施要領」に従い実施した。

試験結果

1 調査年の気象

2009年の平均気温は、生育初期には平年並～高く推移したが、登熟期間中は平年並～やや低くなった。2010年は6月中旬以降の平均気温が常に平年値よりも高く推移し、特に7月下旬の出穂期～9月上旬の成熟期にかけて著しく高い、高温年となった。2011年は生育初期には平年並～やや低く推移したが、8月中旬、9月中旬に平均気温が高くなった（図1）。

2 平坦部における「みねはるか」の生育、収量及び食味

表2に生育及び収量調査結果を示した。出穂期は2009年、2010年ともに「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも1～3日程度遅くなった。2011年は「みねはるか」の移植時期が「コシヒカリ」よりも遅くなったため、「みねはるか」の出穂期は「コシヒカリ」よりも7日程度遅

表1 試験地及び耕種概要

年次	試験地名 ¹⁾	栽植 密度	全量 ¹⁾ 基肥 肥料	みねはるか		栽植 密度	全量 ¹⁾ 基肥 肥料	コシヒカリ	
				窒素施用量	移植期			窒素施用量	移植期
年		株/m ²		kg/a	月. 日	株/m ²		kg/a	月. 日
2009	安城市池浦町(場内)	21.2	A	0.50	5.1	21.2	A	0.50	5.1
	安城市赤松町	17.3	A	0.50	5.2	17.3	A	0.50	5.2
	安城小川町	18.0	A	0.40	5.10	18.0	A	0.40	5.10
	安城里町	18.7	A	0.50	5.9	18.1	A	0.50	5.8
	刈谷市半城土町	17.7	A	0.50	4.30	17.7	A	0.50	4.30
	岡崎市正名町	20.2	B	0.52	5.9	20.2	B	0.52	4.29
	西尾市奥田町	18.9	A	0.40	5.10	18.9	A	0.40	5.10
2010	安城市池浦町(場内)	21.2	A	0.50(標肥)、0.65(増肥)	5.6	21.2	A	0.50(標肥)	5.6
	安城市赤松町	16.8	A	0.50(標肥)、0.60(増肥)	5.1	16.8	A	0.50(標肥)	5.1
	安城市東端町	16.7	A	0.50(標肥)、0.60(増肥)	4.30	16.1	A	0.50(標肥)	4.30
	安城市藤井町	18.1	A	0.56(標肥)、0.66(増肥)	5.9	18.1	A	0.56(標肥)	5.6
	刈谷市半城土町	18.3	A	0.50(標肥)、0.60(増肥)	5.2	18.1	A	0.50(標肥)	4.30
2011	安城市池浦町(場内A)	21.2	A	0.50	4.25	21.2	A	0.50	4.25
	安城市池浦町(場内C)	21.2	C	0.48	4.25	-	-	-	-
	安城市福釜町 ²⁾	15.2	A	0.60	5.20	15.2	A	0.50	5.5
	安城市尾崎町 ²⁾	18.0	A	0.70	5.16	19.0	A	0.50	5.10
	刈谷市井ヶ谷町 ²⁾	15.9	A	0.70	5.14	-	-	-	-
	刈谷市半城土町 ²⁾	19.0	A	0.60	5.15	17.5	A	0.50	5.4
	刈谷市半城土町 ²⁾	19.0	A	0.60	5.20	-	-	-	-
	刈谷市小垣江町	16.7	A	0.70	5.21	16.7	A	0.60	5.17
	碧南市縄手町(A) ²⁾	15.9	A	0.60	5.16	16.3	A	0.50	5.3
	碧南市縄手町(B) ²⁾	15.9	B	0.60	5.16	-	-	-	-
	碧南市縄手町(C) ²⁾	15.9	C	0.60	5.16	-	-	-	-
	碧南市西端町(A) ²⁾	18.0	A	0.60	5.14	19.6	A	0.60	5.8
	碧南市西端町(B) ²⁾	18.0	B	0.72	5.14	-	-	-	-
	碧南市西端町(C) ²⁾	18.0	C	0.72	5.14	-	-	-	-

1) 全量基肥肥料配合割合(窒素成分比) A; AN(アンモニア態窒素):LP40(リニア型被覆尿素肥料):LPSS100(シグモイド型被覆尿素肥料)=1:1:8、B; AN:LP40:LPS80=2:3:5、C; AN:LP40:LPSS100=2:3:5

2) 培養窒素測定ほ場

くなった。稈長は「みねはるか」が「コシヒカリ」よりも10 cm程度短く、倒伏程度も小さかった。穂長は「みねはるか」が「コシヒカリ」よりもわずかに長く、穂数に差は認められなかった。m²当り粒数は、2009年は「みねはるか」は「コシヒカリ」よりもやや少なく、2010年は「みねはるか」は「コシヒカリ」よりもやや多かったが有意差は認められなかった。登熟歩合は、2009年では「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも良好であったが2010年は「コシヒカリ」の方が良好であった。千粒重は「みねはるか」が「コシヒカリ」よりも1 g程度重くなった。精玄米重は、標肥では2009年、2010年ともに「みねはるか」は「コシヒカリ」対比104、2010年の増肥では「コシヒカリ」対比113、2011年は103となった(表2)。

表3に食味官能検査結果を示した。「みねはるか」は標肥、増肥ともに「コシヒカリ」と同等程度であった。

3 白未熟粒発生割合と年次、品種との関係

表4に玄米外観品質及び玄米タンパク質含量を示した。整粒歩合はいずれの年次でも「みねはるか」は「コ

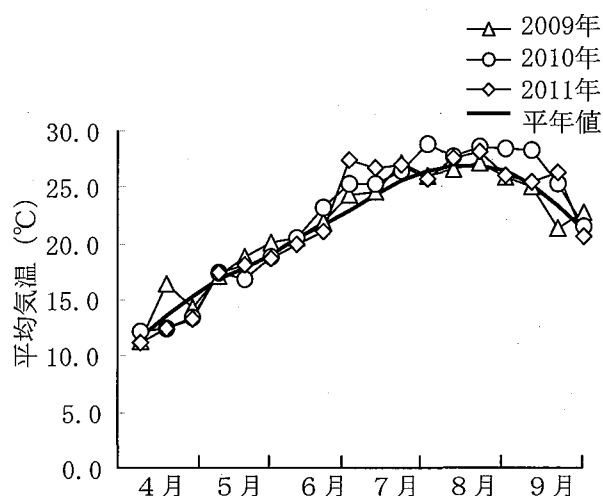


図1 夏作期間の旬別平均気温(2009~2011年)
気象庁アメダスデータ(岡崎)を使用した。

表2 生育及び収量

年次	品種	施肥法	調査地点数	出穂期	稈長	倒伏程度	穂長	穂数	m ² 収数	登熟歩合	千粒重	精玄米重	同左対照比率
年			地点	月・日	cm		cm	本/m ²	千粒	%	g	kg/a	%
2009	みねはるか	標肥	7	7.25	79 **	0.1	20.4 **	395 ns	27.3 ns	85.1 ns	23.4 ***	54.1 ns	104
	コシヒカリ	標肥	7	7.24	90	1.6	19.3	400	29.4	80.2	22.1	52.0	100
2010	みねはるか	増肥	5	7.26	81 a	(0.5)	20.6 a	431 a	30.3 a	86.7 a	23.0 a	60.2 a	113
	みねはるか	標肥	5	7.26	78 a	(0.5)	20.5 ab	428 a	27.8 a	86.7 a	23.1 a	55.6 a	104
	コシヒカリ	標肥	5	7.23	87 b	(1.0)	19.6 b	392 a	26.5 a	89.2 a	22.1 b	53.2 a	100
2011	みねはるか		14	7.31	82 ***	0.9	19.7 ns	412 ns	-	-	22.1 ***	54.8 ns	107
	コシヒカリ		7	7.24	93	1.2	19.6	378	-	-	20.9	53.0	100

注)倒伏程度は0:(無)～5:(甚)の6段階。2010年は場内のみのため(参考値)。異なるアルファベットは5%、**は1%、***は0.1%水準の有意差があることを、nsは有意差がないことをあらわす。

表3 食味官能検査結果

試験名	試験地名	品種名	試験区	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ	パネラー数
1	安城市①	みねはるか	標肥	-0.06	-0.13	0.13	0.00	-0.25	-0.25	約20名
	安城市①	みねはるか	増肥	-0.44	-0.19	-0.31	-0.56	-0.19	0.25	
	安城市①	コシヒカリ	標肥	-0.75 **	-0.38	-0.19	-0.25	-0.56	0.75	
	(基準)長久手市産	コシヒカリ		0	0	0	0	0	0	
2	刈谷市	みねはるか	標肥	0.33 *	-0.17	0.00	0.17	0.25	-0.25	約20名
	刈谷市	みねはるか	増肥	-0.42 *	0.00	0.00	-0.33	0.00	-0.42	
	刈谷市	コシヒカリ	標肥	-0.25	-0.42	-0.08	-0.17	-0.17	0.08	
	(基準)長久手市産	コシヒカリ		0	0	0	0	0	0	
3	安城市②	みねはるか	標肥	-0.17	0.08	-0.17	-0.08	0.08	0.00	約20名
	安城市②	みねはるか	増肥	0.08	0.00	0.08	0.08	0.25	-0.13	
	安城市②	コシヒカリ	標肥	-0.17	0.08	0.08	-0.25	-0.17	0.25	
	(基準)長久手市産	コシヒカリ		0	0	0	0	0	0	
4	安城市③	みねはるか	標肥	-0.75 **	-0.83	-0.25	-0.75	-0.17	-0.08	約15名
	安城市③	みねはるか	増肥	-0.33	-0.08	-0.08	-0.33	0.13	-0.13	
	安城市③	コシヒカリ	標肥	0.00	0.33	0.00	-0.08	-0.17	-0.08	
	(基準)長久手市産	コシヒカリ		0	0	0	0	0	0	
平均		みねはるか	標肥	-0.16	-0.26	-0.07	-0.17	-0.02	-0.15	
		みねはるか	増肥	-0.28	-0.07	-0.08	-0.29	0.05	-0.11	
		コシヒカリ	標肥	-0.29	-0.10	-0.05	-0.19	-0.27	0.25	
	(基準)長久手市産	コシヒカリ		0	0	0	0	0	0	

注)安城市①～③は産地の特定を防ぐため、試験地名を仮に略記した。*: 5%有意、**: 1%有意。

表4 玄米外観品質及び玄米タンパク質含量

年次	品種	施肥法	調査地点数	整粒歩合	白未熟粒割合				玄米タンパク質含量
					乳白粒	基部未熟粒	背腹白粒	合計	
年			地点	%	%	%	%	%	%
2009	みねはるか	標肥	7	78.9 **	0.2 *	0.8 **	1.9 **	2.9 **	7.7 ns
	コシヒカリ	標肥	7	70.2	0.9	2.6	5.3	8.7	7.9
2010	みねはるか	増肥	5	65.9 a	3.8 a	7.6 a	1.0 a	12.4 a	7.6 a
	みねはるか	標肥	5	66.0 a	4.4 a	8.5 a	1.2 a	14.1 a	7.4 a
	コシヒカリ	標肥	5	39.5 b	7.8 b	27.3 b	3.4 b	38.4 b	7.6 a
2011	みねはるか		14	71.7 ***	5.2 *	4.8 ***	1.2 *	11.2 ***	7.6 ns
	コシヒカリ		7	55.4	8.1	17.6	1.9	27.6	8.0

注)異なるアルファベット及び*は5%、**は1%、***は0.1%水準の有意差があることを、nsは有意差がないことをあらわす。

シヒカリ」よりも有意に高くなった。「みねはるか」の白未熟粒発生割合は、年次により異なるものの、最も多かった基部未熟粒を始め、乳白粒、背腹白粒のすべての種類で「コシヒカリ」よりも少なくなった。

「みねはるか」は整粒歩合、白未熟粒発生割合ともに増肥による向上効果は認められなかった。また、出穂後20日間の平均気温と白未熟粒発生割合の相関は「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも低かった(図2)。

図3に m^2 当り粒数と白未熟粒発生割合を示した。2009年、2010年ともに m^2 当り粒数が同じ条件では「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも白未熟粒発生割合が低かった。「コシヒカリ」の白未熟粒発生割合が高かった2010

年の「みねはるか」は m^2 当り粒数が30000粒を超えても白未熟粒発生割合はほとんど変わらなかった。

図4に白未熟粒発生割合と精玄米重を示した。各年ともにほぼ同一の収量水準では「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも白未熟粒発生割合が低くなった。「コシヒカリ」の精玄米重は60 kg/a以下となった。「みねはるか」は精玄米重収量60 kg/a以上の試験地でも白未熟粒発生割合の増加は認められなかった。

玄米タンパク質含量は標肥では「みねはるか」は7.7%、「コシヒカリ」は7.9%となり、「みねはるか」は「コシヒカリ」と同等程度であった。増肥でも「みねはるか」は「コシヒカリ」と同等であった。2011年も「み

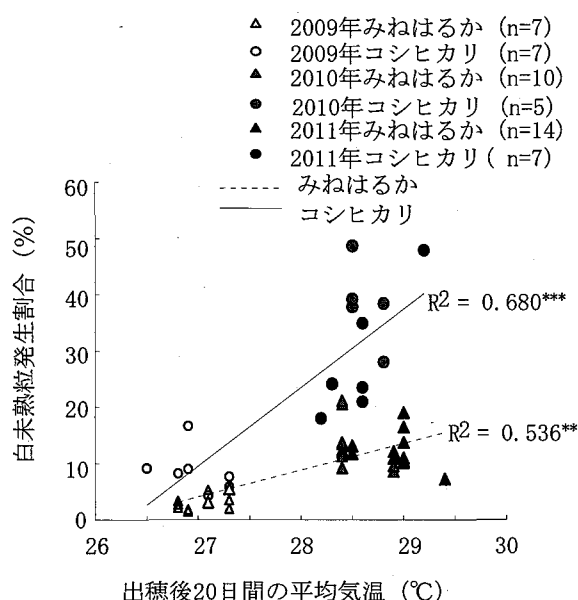


図2 出穂後20日間の平均気温と白未熟粒発生割合 (2009～2011年)

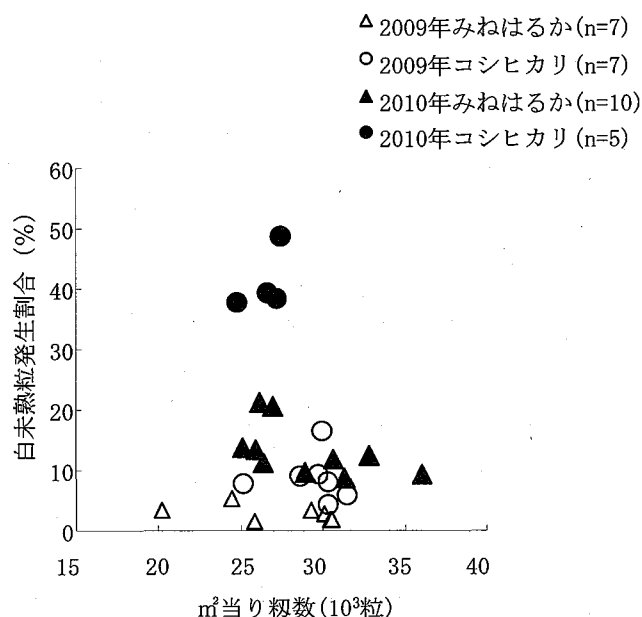


図3 m^2 当り粒数と白未熟粒発生割合 (2009～2010年)

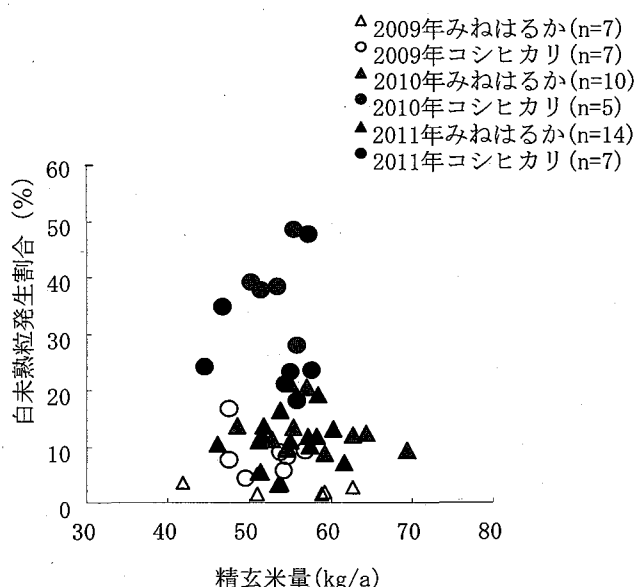


図4 白未熟粒発生割合と精玄米重 (2009～2011年)

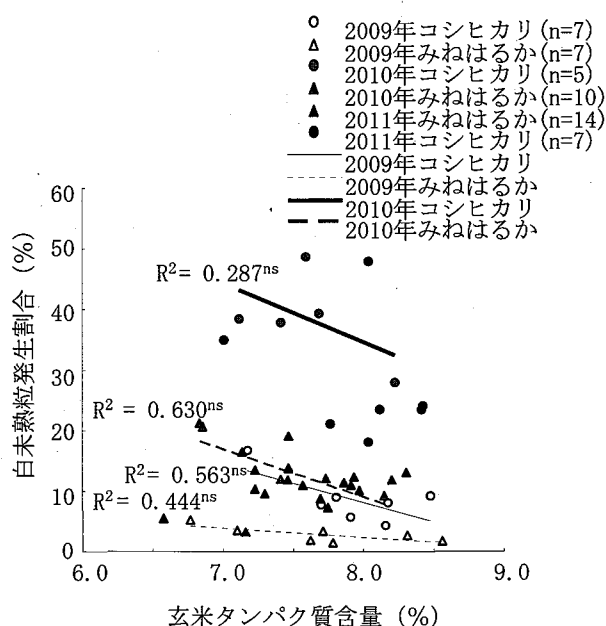


図5 玄米タンパク質含量と白未熟粒発生割合 (2009～2011年)

ねはるか」は「コシヒカリ」よりも玄米タンパク質含量は低かった（表4）。

図5に玄米タンパク質含量と白未熟粒発生割合を示した。白未熟粒の発生が少なかった2009年と調査地点の多い2011年は、「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも玄米タンパク質含量がやや低い地点で多い傾向であった。両品種ともに玄米タンパク質含量が高くなると白未熟粒発生割合が減少する傾向であった。

図6に培養窒素と白未熟粒発生割合を示した。培養窒素の値が同じ条件（同一ほ場）では、「みねはるか」は「コシヒカリ」よりも白未熟粒発生割合は少なかった。「みねはるか」は培養窒素が高くなるにつれ、白未熟粒発生割合が減少し、「コシヒカリ」は培養窒素に関わら

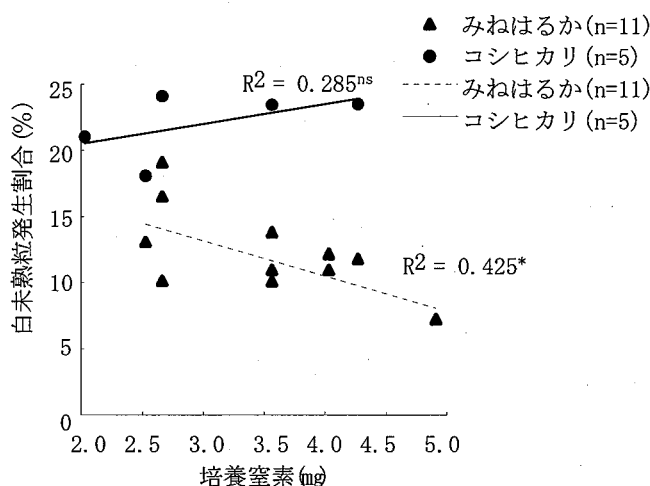


図6 栽培ほ場の培養窒素と白未熟粒発生割合 (2011年)

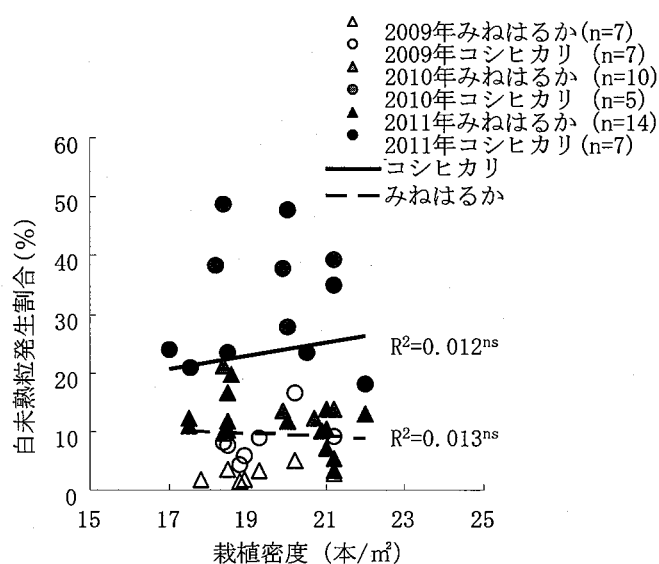


図7 白未熟粒発生割合と栽植密度 (2009～2011年)

ず、白未熟粒発生割合が高かった。

4 白未熟粒発生割合と栽培法との関係

図7に白未熟粒発生割合と栽植密度を示した。白未熟粒発生割合と栽植密度との間には明確な傾向は認められなかった。また、供試した3年間に於いて栽植密度と精玄米重との間にも明確な傾向は認められなかった（「みねはるか」 $R^2=0.004$ 、「コシヒカリ」 $R^2=0.021$ 、図表省略）。

図8に「みねはるか」の施肥窒素量と精玄米重を示した。多項式近似では、施肥窒素量は0.6 kg/a付近にピークが認められた。

表5に肥効調節型肥料の配合割合の違いによる生育収量調査結果を示した。「みねはるか」は、窒素成分比でAN（アンモニア態窒素）：1、LP40（リニア型被覆尿素肥料）：1、LPSS100（シグモイド型被覆尿素肥料）：8の配合割合が最も精玄米重、整粒が多かった。

考 察

近年、登熟期の高温によるイネの高温登熟障害が多発している^{11, 12)}。その主な症状は白未熟粒等の発生による整粒歩合や玄米千粒重の低下であり、それらは米の検査等級や収量の低下により、農家収入の減少をもたらしている⁸⁾。また、白未熟粒等は、米の加工ロスをもたらし、米の食味も高温により低下する^{4, 8, 13)}。

このため、全国の生産・流通現場からは、高温登熟下でも玄米品質が優れる高温登熟性¹⁴⁾を持つ品種の育成・選定が強く求められ、愛知県では「みねはるか」の高温登熟性に着目し、平坦部での適応性について検討した。

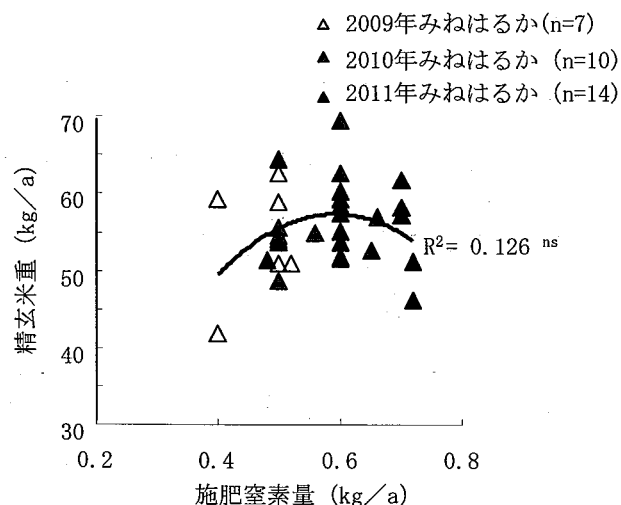


図8 「みねはるか」の施肥窒素量と精玄米重 (2009～2011年)

1 「みねはるか」の高温登熟性

登熟中の気温が平年並みの2009年、高温年となった2010年及び2011年の3年間試験を実施した結果、すべての年次で「みねはるか」は「コシヒカリ」に比べ明らかに白未熟粒、特に基部未熟粒、乳白粒の発生が少ないことから整粒歩合が高く、玄米外観品質が優れていた。

愛知県における「コシヒカリ」の外観品質低下要因は基部未熟粒の多発による¹⁵⁾。この基部未熟粒の発生を抑制するためには窒素供給量を増やすことが必要である^{15, 16)}。

基部未熟粒は高温登熟条件下で特徴的に発生し、粒数の影響はそれほど受けず^{8, 17)}、登熟後期のソース能力やシンク能力の凋落が発生原因と考えられている⁸⁾。このため、穂肥の適正な施用^{8, 17)}や、生育後半まで生育が凋落することがないように地力の向上を図ることが推奨されている¹¹⁾。一方、乳白粒は同化産物の供給能力が低下することにより発生し¹⁸⁾、単位面積当たりの粒数が多い状態で高温登熟条件に遭遇すると多発する⁸⁾。

高温登熟性を持つ高温耐性品種のメカニズムは明らかではない。外観品質に優れる「ナツヒカリ」¹⁴⁾は、「コシヒカリ」よりも1穂粒数が少ない特性を持ち、栽培条件によって、 m^2 当たり粒数が増加すると白未熟粒発生割合が高まる¹⁴⁾。また、高温耐性品種「にこまる」は、「ヒノヒカリ」よりも穂揃期茎葉の非構造的炭水化物蓄積量が多く、登熟に有利であるとしている⁶⁾。

白未熟粒の発生と生育との関係では、少肥による生育後半の窒素栄養不足が背白粒、基白粒を多発^{8, 12)}させ、施肥量増による過繁茂、1穂及び m^2 当たり粒数の過剰が乳白粒を多発させる^{12, 14, 18)}。

2010年、2011年は、増肥栽培を行ったが、「みねはるか」は過繁茂になることもなく（データ省略）、高温年で m^2 当たり粒数30000粒を超えても白未熟粒発生割合は低い（表4、図3）。「みねはるか」は「コシヒカリ」に比べ基部未熟粒ほどではないが乳白粒の発生も少なく（表4）、精玄米重が増加しても、白未熟粒発生割合は変わらない（図4）。「みねはるか」の白未熟粒の発生が粒数の

表5 「みねはるか」の肥効調節型肥料配合割合の違いによる生育収量調査結果（2011年）

品種名	肥効調節型肥料	窒素施用量(N)	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	倒伏の多少	精玄米重	千粒重	蛋白質含量	整粒	乳白粒	基部未熟粒	腹白未熟粒
		kg/a	月・日	月・日	cm	cm	本/ m^2		kg/a	g	%	%	%	%	%
みねはるか	A	0.50	7.20	8.25	79	20.5	427	0.8	53.6	22.2	7.2	76	1	2	0
みねはるか	C	0.48	7.21	8.26	78	19.4	459	1.5	51.3	21.4	6.6	72	2	3	0
コシヒカリ	A	0.50	7.28	8.29	87	18.9	325	0.5	46.6	21.7	7.0	51	6	27	2

注) 4月25日移植。表1の2011年、安城市池浦町（場内A、C）の結果。A；AN（アンモニア態窒素）：LP40（リニア型被覆尿素肥料）：LPSS100（シグモイド型被覆尿素肥料）=1：1：8、C；AN：LP40：LPSS100=2：3：5

表6 「みねはるか」と「コシヒカリ」の収量・品質の違いによる収支試算

年次	品種	施肥量	精粒重	精玄米重	整粒歩合	等級	①肥料代	②乾燥料金	③販売収入	④収支	コシヒカリとの収支差
年			kg	kg	%		円	円	円	円	円
2009	みねはるか	標肥	795	541	79	1	4288	16543	99137	78306	-6196
	(対)コシヒカリ	標肥	769	520	70	1	4288	16014	104804	84501	—
2010	みねはるか	増肥	856	602	66	2	5598	17814	100378	76966	7442
	みねはるか	標肥	790	556	66	2	4608	16438	92632	71586	2062
	(対)コシヒカリ	標肥	739	532	40	3	4608	15385	89518	69524	—

注) 精粒重は水分24%換算した。等級は整粒歩合70%以上を1等相当、70%未満60%以上を2等相当、60%未満45%以上を3等相当とした。①肥料代（20 kg当たり）はA（表1参照）：3600円/20 kg、B：3700円/20 kgで計算した。②乾燥料金は精粒の水分を15%に低下させるための料金。18.5円/kg。③仮渡金はコシヒカリの1等米を12100円/60 kg、みねはるか1等米を11000円/60 kgとし、等級が1下がるごとに1000円/60 kg低下する計算とした。④の収支は③-(①+②)。各金額は2012年度を参考にした。

影響を受けにくいことは、光合成同化産物の供給能力が高い可能性があるが、これについては今後の検討を待ちたい。

また、「みねはるか」は、培養窒素が同じ条件（同一ほ場）では培養窒素の低い、いわゆる地力のやや低いほ場でも「コシヒカリ」に比べ白未熟粒発生割合が低い（図6）。これは、「みねはるか」は「コシヒカリ」に比べ生育後半の登熟能力が高く、それが基部未熟粒の発生を減少させている可能性がある。

著者らの経験から、高温耐性が高いといわれる極早生品種は「ナツヒカリ」以外にも1穂粒数が少ないものが多く、結果として収量性に欠くものが多い。「みねはるか」は「コシヒカリ」熟期でありながら、玄米外観品質が粒数の影響を受けにくい、貴重な高温耐性品種であると言える。

高温登熟条件は米の食味が劣る^{4, 13, 19)}とされている。玄米タンパク質含量は「みねはるか」と「コシヒカリ」はほぼ同等であった（表4）。更に2010年の高温登熟条件で栽培された「みねはるか」の食味は「コシヒカリ」と同等であった（表3）。

高温による食味低下については、白未熟粒そのものが食味を低下させる報告^{4, 13)}がある。高温年でも白未熟粒発生割合が低い「みねはるか」は気象条件に左右されにくい食味特性があるといえる。

2 「みねはるか」の愛知県平坦部における栽培法

生育後半まで地力窒素を維持し、登熟期の稲体の凋落を防止するために、疎植栽培が有効な場合があることや肥効調節型肥料の利用が検討されている¹¹⁾。

本試験の「みねはるか」では、栽植密度と白未熟粒発生割合との間には、明確な関係は認められなかった（図7）。施肥窒素量と精玄米重との関係は、多項式近似のピークが施肥窒素量0.6 kg/a付近であった（図8）。

肥効調節型肥料の配合割合は、生育後半に肥効の高い、LPSS100の配合を高めた、アンモニア態窒素：1、LP40：1、LPSS100：8が最も優れた（表5）。2011年に碧南市で3種類の肥料を同一ほ場で比較した結果でも同様であった（データ省略）。この配合割合は、現在、愛知県で「コシヒカリ」の白未熟粒発生対策として改良された²⁰⁾市販肥料と同じで、「コシヒカリ」の施肥窒素量は0.5 kg/a程度である。これらの結果から、「みねはるか」は「コシヒカリ」と同等の栽植密度で移植し、「コシヒカリ」用に市販されている肥効調節型肥料を20%程度増肥することで品質、食味を低下させずに収量を増加させることができると考えられた。

3 「みねはるか」の普及性

本試験は2009年～2010年に実施された愛知県広域重点調査研究の一部である。この調査研究では「みねはるか」の平坦部適性について本試験を含めて、2009年は10か所、2010年は9か所の現地試験を行っている。その結果、「みねはるか」の優秀性が明らかとなり、「愛知県主要農作物に関する検討会」において2011年から愛知県

平坦部への導入が可能とされた。

しかしながら、「みねはるか」は粒形が中～やや長であり、ブレンド米としては扱いにくい。更に「みねはるか」は品種特性として柔らかく、粘りのある炊飯米ができる⁹⁾。この特性がおにぎり等のご飯を加工する際に扱いにくいという指摘もある。

また、新品種である「みねはるか」は評価の定まった「コシヒカリ」との価格差が存在する。高温年で外観品質に差があるときには「みねはるか」は有利であるが、通常年では「コシヒカリ」の方が収益は多い（表6）。このため、農家の収益を上げるためには、本試験の様に増肥による多収を狙わなければならない。

このように「みねはるか」は暫定的に選定されたものである。早急に愛知県平坦部に適する高温耐性品種の育成が望まれる。その際には、本試験の「みねはるか」の選定過程を参考に、高温年でも良質でありながら多収である品種が必要であると考えられた。

謝辞：本試験を進めるに当たり、現地ほ場の選定に尽力いただいた、西三河農業改良普及課岡崎駐在室の鈴木博文氏、西三河農業改良普及課西尾駐在室の初井隆志氏に感謝します。更に現地試験のために大切なほ場を快く提供して下さった農家の皆様に深甚の謝意を表します。

引用文献

1. 飯田幸彦, 横田国夫, 桐原俊明, 須賀立夫. 温室と高温年の圃場で栽培した水稻における玄米品質低下程度の比較. 日作紀. 71, 174-177 (2002)
2. 長戸一雄, 江幡守衛. 登熟期の高温が穎花の發育ならびに米質に及ぼす影響. 日作紀. 34, 59-66 (1965)
3. 高田聖, 坂田雅正, 亀島雅史, 山本由徳, 宮崎彰. 高知県の水稻早期栽培用品種における白未熟粒割合の年次, 地域間差に關与する要因の解析. 日作紀. 79, 205-212 (2010)
4. 若松謙一, 佐々木修, 上藺一郎, 田中明男. 暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀. 76, 71-78 (2007)
5. 山口琢也, 小島洋一朗, 蛭谷武志, 金田宏, 木谷吉則, 土肥正幸, 石橋岳彦, 向野尚幸, 表野元保, 宝田研, 山本良孝. 高温登熟性に優れた水稻早生新品種「てんたかく」の育成. 富山農技セ研報. 23, 29-43 (2006)
6. 坂井真, 岡本正弘, 田村克徳, 梶亮太, 溝渕律子, 平林秀介, 八木忠之, 西村実, 深浦壯一. 食味と高温登熟下での玄米品質に優れる多収性水稻「にこまる」の育成. 九州沖縄農研セ報. 54, 43-61 (2010)
7. 近藤始彦, 森田敏, 長田健二, 小山豊, 上野直也, 細井淳, 石田義樹, 山川智大, 中山幸則, 吉岡ゆう, 大橋善之, 岩井正志, 大平陽一, 中津紗弥香, 勝場善之助, 羽嶋正恭, 森芳史, 木村浩, 坂田雅正. 水稻の乳白粒・基白粒発生と登熟気温および玄米タンパク含有率との関係. 日作紀. 75 (別2), 14-15 (2006)

8. 森田敏. イネの高温登熟障害の克服に向けて. 日作紀. 77, 1-12(2008)
9. 坂紀邦, 寺島竹彦, 工藤悟, 加藤恭宏, 杉浦和彦, 遠藤征馬, 城田雅毅, 井上正勝, 大竹敏也. いもち病高度圃場抵抗性を有する水稻新品種「みねはるか」. 愛知農総試研報. 39, 95-109(2007)
10. 坂井真, 田村克徳, 森田敏, 片岡知守, 田村泰章. 早植えとフィルム被覆処理による水稻の高温寡照耐性の評価法. 日作紀. 80(別2), 250-251(2011)
11. 農林水産省. 水稻の高温障害の克服に向けて(高温障害対策レポート). 1-31(2006) http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kanbo/kihyo03/gityo/g_kiko_hendo/ssuit_kouon/pdf/report (2013. 6. 30参照)
12. 寺島一男, 斎藤祐幸, 酒井長雄, 渡辺富男, 尾形武文, 秋田重誠. 1999年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀. 70, 449-458(2001)
13. 大江和泉, 松江勇次, 齊藤邦行, 黒田俊郎. 気温上昇が水稻の玄米外観品質, 食味と理化学的特性におよぼす影響. 岡山大農報. 96, 13-18(2007)
14. 高田聖, 坂田雅正, 亀島雅史, 山本由徳, 宮崎彰. 高温登熟下で発生する水稻品種の白未熟粒割合と基肥窒素施肥量との関係. 日作紀. 79, 150-157(2010)
15. 杉浦和彦, 本庄弘樹, 林元樹, 野々山利博, 山下和巳, 虎澤明広, 山内章. 愛知県における水稻品種コシヒカリの外観品質低下要因及びその対策について. 日作紀. 82, 262-269(2013)
16. 林元樹, 東野敦, 谷俊男, 池田彰弘, 久野智香子, 杉浦直樹, 本庄弘樹. 2010年と2011年の気象が水稻の玄米外観品質に与えた影響. 愛知農総試研報. 44, 39-44(2012)
17. 森田敏. 水稻の登熟期の高温によって発生する白未熟粒, 充実不足および粒重低下. 農業技術. 60, 442-446(2005)
18. 小葉田亨, 植向直哉, 稲村達也, 加賀田恒. 子実への同化産物供給不足による高温下の乳白米発生. 日作紀. 73, 315-322(2004)
19. 和田卓也. 高温条件下においても良食味を呈する水稻品種の育成に関する研究. 京都大学博士論文. 1-68(2007)
20. 杉浦和彦, 井上勝弘, 野々山利博, 林元樹. 全量基肥肥料による「コシヒカリ」の白未熟粒発生抑制. 愛知農総試研報. 40, 99-105(2008)