

# 栽培条件が穂上位置別の米粒のアミロース含有率に与える影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	松江,勇次 尾形,武文
発行元	日本作物學會
巻/号	68巻4号
掲載ページ	p. 495-500
発行年月	1999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



## 品質・加工

# 栽培条件が穂上位置別の米粒のアミロース含有率に与える影響

松江勇次\*・尾形武文

(福岡県農業総合試験場)

**要旨** : 良食味米生産技術の確立のための基礎的知見を得るために、栽培条件と米粒のアミロース含有率との関係を穂上位置別から検討した。米粒のアミロース含有率は、栽培条件の違いに関係なく下位穎花は上位・中位穎花に比べて低かったが、上位穎花と中位穎花の間には有意な差は認められなかった。栽培条件別では上位、中位、下位穎花ともそれぞれ晩期区が最も高く、逆に早期区は最も低く、他の栽培条件では有意な差は認められなかった。栽培条件の違いによる米粒のアミロース含有率の変異を穂上位置別にみると、最大で上位穎花は5.9%、中位穎花は6.6%、下位穎花は6.9%と下位穎花は変異の幅が大きかった。栽培条件と上位、中位、下位穎花をこみにした場合の粗玄米千粒重と精米中のアミロース含有率およびアミロース含有量との間にはそれぞれ正の相関関係が認められた。このことから、粗玄米千粒重が軽い穎花においてアミロース含有率が低いのは、デンプンの蓄積量が少なかったことが一因と考えられた。このため、穂上位置の違いによる米粒のアミロース含有率の違いの一因は開花の早晚に関係した米粒へのデンプンの蓄積量を示している粗玄米千粒重の差による影響と考えられた。さらに、栽培条件の違いによる米粒のアミロース含有率に対する影響を検討すると、アミロース含有率に対しては作期が異なる場合では登熟温度が支配的になり、同一作期内では粗玄米千粒重が支配的になることが判明した。

**キーワード** : アミロース含有率, アミロース含有量, 米, 千粒重, 穂上位置.

米のデンプンを構成している成分の一つであるアミロースの含有率は米の食味評価の指標に使われており、品種間においてアミロース含有率が高い品種は炊飯米の粘りが弱くなって食味が劣ることが広く認められている(稲津1988, 倉沢1970)。また、アミロース含有率は栽培管理条件よりも品種固有の遺伝的特性に強く支配されていることが報告されており(今林ら1998)、栽培管理上、窒素施肥条件に対してはほとんど影響を受けないという事例が多く報告されている(稲津1988, 小田原ら1992, 山下・藤本1974)。

一方、アミロース含有率は玄米の粒厚(鎌田・松島1992, 松江ら1994)や千粒重(Matsueら1994)の違いによって変化することが報告されており、一穂内においては穂上着生位置の違いによって大きく異なることが明らかとなっている(堀内1991, 五十嵐ら1994, Matsueら1994)。さらに、1株内における分けつの発生節位によっても異なることが報告されている(Matsueら1996)。

これらのことから、アミロース含有率は品種固有の遺伝的特性に強く支配されているものの、玄米の粒厚や千粒重が栽培管理条件によって異なるため、穂上位置別の米粒のアミロース含有率は栽培管理条件によって異なることが予想される。しかし、穂上位置別の米粒のアミロース含有率と栽培環境条件との関係は検討されていないようである。

今後、安定した良食味米生産を行っていくためには、気象、栽培管理条件に対応した品種固有の最適な低アミロース含有率を維持することが重要である。そのためには穂上位置別の米粒のアミロース含有率と栽培管理条件との関係

を明らかにして、一穂内における米粒のアミロース含有率を最適値に制御し、できるだけ穂上位置の違いによる変動を小さくする栽培法を確立する必要がある。栽培管理条件の違いによる穂上位置別のアミロース含有率の分布を明らかにすることは、良食味米生産の視点に立った栽培法の改善のための基礎的知見になるだけでなく、穂型の改良を考える上で、さらにはその年の気象および栽培条件下で生産された米の食味の解析をしていく上でも意義深いと考えられる。

そこで良食味米安定生産のための基礎的知見を得るために、前報(松江・尾形1999)と同一の材料を供試して、栽培条件と米粒のアミロース含有率との関係を穂上位置の違いから検討した。

## 材料と方法

供試品種としてはコシヒカリ、日本晴、ヒノヒカリを用い、1997年に福岡県農業総合試験場農産研究所の圃場で栽培した。

栽培条件として、作期、施肥量、刈取時期、倒伏の処理を設定した。作期、施肥量、刈取時期、倒伏処理およびその他の栽培方法の詳細は前報(松江・尾形1999)に記した。すなわち、作期には早期(4月20日植)、普通期(6月10日植)、晩期(7月10日植)の3水準、施肥量には窒素施肥量(基肥+第1回穂肥+第2回穂肥)で、無窒素、標肥(コシヒカリ5+2+1.5 g/m<sup>2</sup>, 日本晴6+2+1.5 g/m<sup>2</sup>, ヒノヒカリ7+2+1.5 g/m<sup>2</sup>)、多肥(日本晴6+2+3 g/m<sup>2</sup>, ヒノヒカリ7+2+3 g/m<sup>2</sup>)の3水準、刈取時期に

は成熟期後10日の収穫の晩刈り、倒伏処理には出穂期後20日に曲げ倒伏を設定した。

穂のサンプリング方法と穂上位置は前報(松江・尾形1999)に記したと同様に、各品種とも各処理区別に1次枝梗数が8~9本からなる約80穂を調査に用いた。穂上位置は1穂内における着生位置を松島(1957)の呼称方法に準じて、上位穎花(最も早く開花する階級の穎花で、最上位1次枝梗の頂部から4粒まで)、中位穎花(開花順位が第3~4の階級の穎花で、下から4と5番目の1次枝梗の頂部から4粒まで)、下位穎花(最も遅く開花する階級の穎花で、下から1と2番目1次枝梗の基部着生の2次枝梗着生粒)に3区分して、処理区別にそれぞれ精米中のアミロース含有率を調査した。アミロース含有率の測定には搗精歩留り90~91%にした全粒の精米を、ラボラトリーミル3100(Perten社製)で粉碎した精米粉を用いた。アミロース含有率はオートアナライザーII型(ブラン・ルーベ社製)で測定した。アミロース含有率の測定は3連制で行い、平均値で示した。アミロース含有量はアミロース含有率に粗玄米千粒重を乗じて求めた。登熟期間中の平均気温は、出穂期から20日間の平均気温で、同場内の観測値を用いて算出した。栽培条件別の出穂期と登熟期間中の平均気温を第1表に示した。

## 結果と考察

### 1. 栽培条件と穂上位置別による米粒のアミロース含有率

栽培条件と穂上位置別米粒のアミロース含有率との関係を第1図に示した。穂上位置の違いによる米粒のアミロース含有率は、コシヒカリ、日本晴、ヒノヒカリの3品種いずれの処理区においても上位穎花が高く、次に中位穎花が高く、下位穎花はいずれの処理区においても上位・中位穎花に比べて低かった。栽培条件の違いによる上位、中位、下位穎花の米粒アミロース含有率をみると、上位、中位、

下位穎花ともそれぞれ晩期区がコシヒカリで20.6, 20.4, 20.0%, 日本晴で21.5, 21.9, 20.5%, ヒノヒカリで21.1, 21.1, 20.1%と最も高かった。一方、早期区はコシヒカリを除いて日本晴で17.1, 16.6, 15.1%, ヒノヒカリで15.2, 14.5, 13.2%と最も低い値を示した。普通期区、対照区、無窒素区、多肥区、倒伏区、遅刈り区の6つの処理区間では大きな差異は認められなかった。

アミロース含有率は登熟期間中の平均気温(登熟温度)に影響され、登熟温度が低いほどアミロース含有率は高まることが明らかにされている(Asaokaら1985)。このため栽培条件別では晩期区でアミロース含有率が高く、早期区で低かった要因としては、第1表に示したように登熟温度が晩期区で低く、早期区で高かったためと判断される。

次に、設定した8つの栽培条件による穂上位置別穎花の米粒のアミロース含有率の分布を第2表に示した。その結果、上位、中位、下位穎花のアミロース含有率の最大値と最小値の差異は、それぞれコシヒカリでは3.1, 3.6, 6.1%, 日本晴では4.4, 5.3, 5.4%, ヒノヒカリでは5.9, 6.6, 6.9%の幅で変異し、下位穎花は上位、中位穎花に比べて変異の幅が大きかった。設定した8つの栽培条件をこみにした平均値で上位、中位、下位穎花別のアミロース含有率をみると、上位と中位穎花との間においては有意な差は認められなかったが、下位穎花のアミロース含有率はコシヒカリで16.1%, 日本晴で17.8%, ヒノヒカリで17.5%と、上位、中位穎花に比べて低い傾向が認められた。また、第1図をもとに設定した8つの栽培条件の違いによるアミロース含有率の変動の大小を、第1表に示した登熟期間中の平均気温との関係で検討すると、作期が異なると登熟温度の差が大きく、アミロース含有率の変動は大きくなるのに対して、同一作期内では登熟温度の差が小さく、栽培条件の違いによるアミロース含有率の変動は小さいことが認められた。

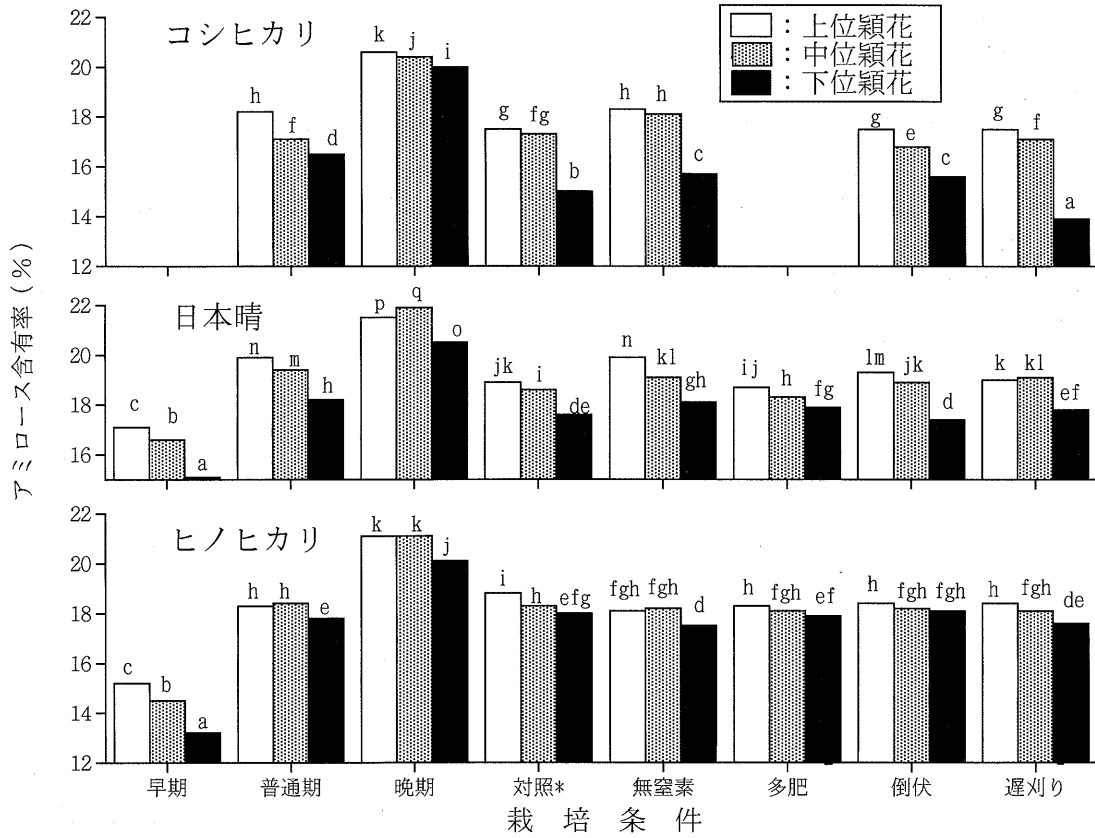
第1表 栽培条件が異なる場合の出穂期と登熟期間中の平均気温。

栽培条件	出穂期			登熟期間中の平均気温#			
	移植 処理区名	コシヒカリ	日本晴	ヒノヒカリ	コシヒカリ	日本晴	ヒノヒカリ
条件		月・日	月・日	月・日	°C	°C	°C
異なる	早期	—	8. 4	8. 9	—	27.2	26.9
	作期+ 普通期	8. 14	8. 20	8. 26	27.1	25.8	25.3
	晩期	8. 29	9. 9	9. 12	24.7	21.9	21.0
同一	対照 多肥	8. 12	8. 19	8. 25	26.8	26.0	25.4
	作期++ 倒伏 遅刈り	8. 11	8. 20	8. 26	26.7	25.8	25.3
	無窒素	8. 11	8. 20	8. 26	26.7	25.8	25.3

# は出穂期後20日間の登熟期間中の平均気温。

+ 早期は4月20日、普通期は6月10日、晩期は7月10日の移植。

++ 同一作期は6月16日移植。



第1図 栽培条件と穂上位置別米粒のアミロース含有率。

\*: 対照は標肥, 無倒伏, 適期刈りである。

同一文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Fisher's PLSD による)。

第2表 設定した8つの栽培条件において得られた穂上位置別米粒のアミロース含有率の分布。

品種名	穂上位置 区分	最小値—最大値		標準
		%		偏差
コシヒカリ	上位穎花	17.5 — 20.6	18.3b ± 1.0	
	中位穎花	16.8 — 20.4	17.8ab ± 1.2	
	下位穎花	13.9 — 20.0	16.1a ± 1.9	
日本晴	上位穎花	17.1 — 21.5	19.3b ± 1.2	
	中位穎花	16.6 — 21.9	19.0ab ± 1.4	
	下位穎花	15.1 — 20.5	17.8a ± 1.4	
ヒノヒカリ	上位穎花	15.2 — 21.1	18.3a ± 1.5	
	中位穎花	14.5 — 21.1	18.1a ± 1.6	
	下位穎花	13.2 — 20.1	17.5a ± 1.8	

品種別の同一文字の付いた値間には5%水準で有意差がないことを示す (Fisher's PLSD による)。

## 2. 穂上位置別穎花の粗玄米千粒重とアミロース含有率との関係

設定した8つの栽培条件において得られた上, 中, 下位穎花ごとの前報 (松江・尾形 1999) で記した粗玄米千粒重の平均値と精米中のアミロース含有率の平均値 (第1図)

との関係をプロットしてみると, 粗玄米千粒重と精米中のアミロース含有率の間には3品種とも正の相関関係が認められ, 粗玄米千粒重の重い穎花ほどアミロース含有率は高くなることが示された (第2図)。この結果は, 玄米の千粒重とアミロース含有率の間には正の相関関係があるとする報告 (Matsueら 1994) と一致するものである。一方, 上位, 中位, 下位穎花別の粗玄米千粒重とアミロース含有量との間においても有意な正の相関関係が3品種とも認められ (第3図), 粗玄米千粒重の増加にともないアミロース含有量は増加することが示された。

Baunら (1970) は種子中のアミロース含有量を決定しているのはデンプン結合性デンプン合成酵素 (BSTS) の活性度であることを明らかにし, 梅本 (1992) は強勢穎花は弱勢穎花に比べてBSTSの活性が高いことを報告している。

これらのことから, 粗玄米千粒重が軽い穎花および下位穎花においてアミロース含有率が低いのは, デンプンの蓄積量が少なかったことと, BSTSの活性が低かったことによる結果と考えられる。また, 玄米千粒重は開花の早晩と密接に関係している (中元ら 1988, Matsueら 1994) ため, 穂上位置別による米粒のアミロース含有率の違いは, 開花の早晩による影響と考えられる。

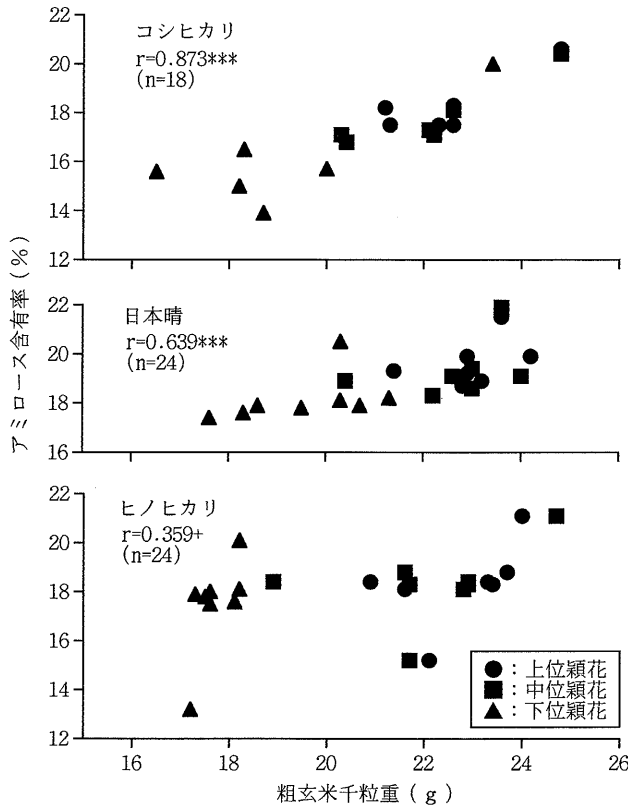
既報 (Matsueら 1994, 1995) で著者らは, 千粒重が

重く、食味が優れた1次枝梗着生粒は、千粒重が軽く、食味が劣った2次枝梗着生粒に比べてアミロース含有率は高いことを明らかにした。この結果と本試験の結果から、登熟温度に影響を及ぼす作期の違いを除き、同一作期内で、栽培条件を同じくする同一品種においては、千粒重が重くてアミロース含有率が高いほど食味は優れていることがうかがえる。したがって、食味に対するアミロース含有率の寄与のしかたは、品種間比較の場合と1穂内での比較の場合とは異なり、食味に対して、品種間比較の場合は負の

関係で働くのに対して、1穂内での比較の場合はプラスの関係で働くということを示唆している。

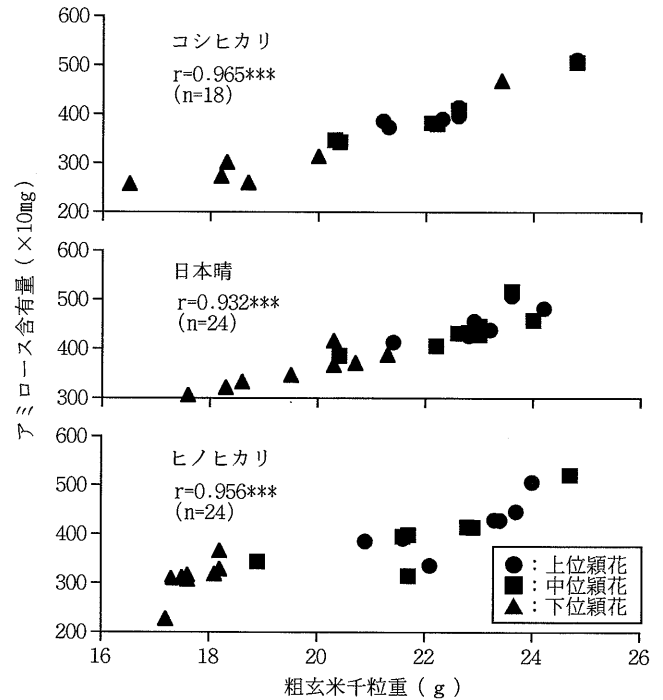
### 3. アミロース含有率に対する登熟温度と粗玄米千粒重の影響

栽培条件の違いは登熟温度の高低や粗玄米千粒重の重さに発現することから、アミロース含有率に対する登熟温度と粗玄米千粒重の影響度を、登熟温度の変化が大きい異なる作期と変化が小さい同一作期で検討し、その結果を第3表に示した。なお、コシヒカリは早期区がないので、日本晴とヒノヒカリで検討した。異なる作期ではアミロース含有率は登熟温度と負の相関関係を示し、要因相互間の影響



第2図 設定した8つの栽培条件において得られた上, 中, 下位穎花ごとの粗玄米千粒重と精米中のアミロース含有率との関係。

+, \*\*\* はそれぞれ10%, 0.1%水準での有意性を示す。



第3図 設定した8つの栽培条件において得られた上, 中, 下位穎花ごとの粗玄米千粒重と精米中のアミロース含有量との関係。

\*\*\* は0.1%水準での有意性を示す。

第3表 アミロース含有率と粗玄米千粒重, 登熟期間中の平均気温(登熟温度)との単相関係数と偏相関係数。

品 種 名	栽培条件#	単相関係数		偏相関係数	
		粗玄米千粒重	登熟温度	粗玄米千粒重	登熟温度
日 本 晴	異なる作期 (n=9)	0.529ns	-0.871**	0.678ns	-0.927***
	同一作期 (n=15)	0.850***	-0.339ns	0.831***	-0.09ns
ヒノヒカリ	異なる作期 (n=9)	0.455ns	-0.911***	0.358ns	-0.902**
	同一作期 (n=15)	0.581*	-0.326ns	0.631*	-0.434ns

# 栽培条件は第1表と同。

\*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ5%, 1%, 0.1%の有意水準を, nsは有意でないことを示す。

を取り除いた偏相関係数でも負の関係を示した。一方、粗玄米千粒重とは有意な関係は認められなかった。これに対して、同一作期内ではアミロース含有率は粗玄米千粒重と正の相関関係を示すとともに、偏相関係数も有意な関係を示したが、登熟温度とは有意な関係は認められなかった。これらのことから、アミロース含有率に対しては作期が異なる場合には登熟温度が支配的になり、同一作期内では粗玄米千粒重が支配的になることが明らかとなった。

以上の結果から、栽培条件の違いによる米粒のアミロース含有率に対する影響は、穂上位置からみて、タンパク質含有率（松江・尾形 1999）と同様に開花の遅い下位穎花の米粒に強くあらわれ、上位穎花の米粒への影響は小さいことが明らかとなった。また、栽培条件の違いに関係なく下位穎花の米粒のアミロース含有率は上位穎花の米粒に比べてつねに低いことも判明した。さらに、前報（松江・尾形 1999）の結果との関係から、一穂内の穂上位置からみて、粗玄米千粒重が軽い下位穎花の米粒のタンパク質含有率は高いものの、アミロース含有率は低いということ、および食味に対してはタンパク質含有率はマイナスの関係で働くのに対して、アミロース含有率はプラスの関係で働くことが確認された。したがって、これらを考慮し良食味米生産という視点から、穂上位置からみて下位穎花へのデンプン蓄積を促進させて米粒の充実を図る必要がある。そのためには、下位穎花のアミロース含有率がどの処理区においても著しく低かったことから考えると、栽培管理上、2次枝梗着生粒数が多くなる穂肥量（長戸ら 1971, 上林ら 1983）の調節や、疎植（上林ら 1983）を避けるとともに、登熟温度が低くなる極端な晩期栽培は行わないなどの留意が必要である。

育種の面からは、1穂内ではアミロース含有率が高い強勢穎花を多く確保するために、既報（Matsueら 1994）で示したように1次枝梗着生優勢型の品種育成が望まれる。

## 引用文献

Asaoka, M., K. Okuno and H. Fuwa 1985. Effect of environmental temperature at the milky stage on amylose content and fine structure of amylopectin of waxy and nonwaxy endosperm starches of rice (*Oryza sativa* L.). *Agric. Biol. Chem.* 49: 373—379.

Baun, L. C., E. P. Palmiano, C. M. Perez and B. O. Juliano 1970. Enzymes of starch metabolism in the developing rice grain. *Plant Physiol.* 46: 429—434.

堀内久満 1991. 福井県における良食味品種育成の現状と問題点. 育種 41(別2): 544—547.

五十嵐俊成・富原陸・谷川晃一 1994. 米粒のアミロース含有率に及ぼす施肥法と栽植密度の影響—とくに米粒の着生位置に着目して—. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 35: 70—71.

今林惣一郎・尾形武文・松江勇次 1998. 米の理化学的特性における年次間および産地間変動. 日作紀 67: 30—35.

稲津脩 1988. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報 66: 1—89.

鎌田裕子・松島知昭 1992. 米の品質成分に関する研究. 第2報 玄米の粒厚構成がアミロース含有率, タンパク質含有率に及ぼす影響. 北陸作物学会報 27: 10—13.

上林美保子・熊谷幸博・佐藤友彦・馬場広昭・笹原健夫 1983. 水稻の穂の構造と機能に関する研究. 第5報 栽植密度・肥料水準をかえた場合の穂型の変動. 日作紀 52: 266—282.

倉沢文夫 1970. 米の味 (2) コメの味と精白米の構成成分. 遺伝 23: 42—47.

松江勇次・比良松道一・小田原孝治・橋詰文男 1994. 玄米の粒厚別食味評価. 日作九支報 60: 20—22.

Matsue, Y., K. Odahara and M. Hiramatsu 1994. Differences in protein content, amylose content and palatability in relation to location of grains within rice panicle. *Jpn. J. Crop Sci.* 63: 271—277.

Matsue, Y., K. Odahara and M. Hiramatsu 1995. Differences in amylose content, amylographic characteristics and storage proteins of grains on primary and secondary rachis branches in rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 64: 601—606.

Matsue, Y., T. Ogata and K. Odahara 1996. Differences in protein and amylose contents of tillers within a hill in rice plant. 2nd International Crop Science Congress Abstract: 33.

松江勇次・尾形武文 1999. 栽培条件が穂上位置別の米粒のタンパク質含有率に与える影響. 日作紀 68: 370—374.

松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5: 58—59.

長戸一雄・山田記正・F. M. チャウドリー 1971. チッソ追肥に対する日本型および印度型水稻の反応. 日作紀 40: 170—177.

中元朋実・町田寛康・松崎昭夫 1988. イネ穎花の開花時期と粒重の関係. 日作紀 57: 627—630.

小田原孝治・松江勇次・比良松道一・和田信一郎 1992. 福岡県北部に分布する灰色低地土と黒ボク土産稲穂の無機成分及びアミロース含有率の差異. 日作紀 61(別2): 47—48.

梅本貴之 1992. 穂上位置がイネ胚乳のデンプン合成関連酵素活性に及ぼす影響. —とくに結合性デンプン合成酵素の活性発現の差異—. 日作紀 61(別1): 86—87.

山下鏡一・藤本堯夫 1974. 肥料と米の品質に関する研究. 1 肥料が米のデンプンの理化学的性質に及ぼす影響. 東北農試研報 48: 55—63.

## Influences of Environmental Conditions on the Amylose Content of Grain at Different Positions in a Rice Panicle: Yuji MATSUE\* and Takefumi OGATA (*Fukuoka Agr. Res. Cent., Chikushino 818-8549, Japan*)

**Abstract**: The influences of environmental conditions on the amylose content of rice grain at different positions in the panicle were studied. The amylose content of the grains on lower rachis branches (LG) was lower than that on the upper (UG) and middle rachis branches (MG) under all the environmental conditions examined. LG, UG, and MG produced in the late-season culture plot had the highest amylose content, while LG, UG, and MG produced in the early-season culture plot had the lowest.

LG showed a larger variation in the amylose content (6.9%) than UG (5.9%) or MG (6.6%). Among LG, MG, and UG, there was a proportional relationship between the content and / or amount of amylose and the crude grain weight. Therefore, the low amylose content of spikelets with a low grain weight might be due to the deficiency of starch accumulation in the rice endosperm as shown by the decrease in the amount of amylose. It was concluded that the variations in the amylose content in a rice panicle were caused by the differences in the crude grain weight, which was closely related to the earliness or lateness of flowering time. Among the plants transplanted at different times, amylose content was affected by atmospheric temperature during the ripening period rather than grain weight. By contrast, among the plants transplanted at the same time, amylose content was affected by grain weight rather than atmospheric temperature.

**Key words** : Amylose content, Grain weight, Rice, Spikelets position on panicle.

---