

水稻白米のグルテリンおよびプロラミン含有率に対する窒素 栄養条件の影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	建部, 雅子 及川, 勉 松野, 宏治
巻/号	67巻2号
掲載ページ	p. 139-146
発行年月	1996年4月

水稻白米のグルテリンおよびプロラミン含有率に対する窒素栄養条件の影響*1

建部雅子*2・及川 勉*3・松野宏治*4・清水恵美子*5・米山忠克*2

キーワード 窒素, タンパク質, グルテリン, プロラミン, 水稻

1. はじめに

水稻の食味を左右する主要因の一つはタンパク質であり、米粒中のタンパク質含有率が高まると食味は低下する^{1,2)}。植物タンパク質は溶媒溶解性に基づいて、水可溶性のアルブミン、塩可溶性のグロブリン、酸またはアルカリ可溶性のグルテリンおよびアルコール可溶性のプロラミンに分けられる¹¹⁾。米粒では、このうち最も量の多いグルテリンがタンパク質顆粒プロテインボディ II (PB II) に、またプロラミンがプロテインボディ I (PB I) に集積していることが明らかとなった^{9,15)}。このうち PBI はヒトによって消化されない非消化性顆粒である¹⁶⁾ ため、コメの栄養の面からタンパク質組成の改良が注目されるようになり、プロラミンやグルテリンを構成するポリペプチドが欠失したり、増加した突然変異体が得られている^{8,13)}。

最近では食味との関連で、これら個々のタンパク質のいずれが最も食味を左右するかを明らかにしようとする試み¹⁴⁾ が開始され、プロラミンの割合が増すと食味が低下するのではないとも言われているが、いまだ十分には研究は進んでいない。本研究では、米粒のタンパク質組成が窒素栄養条件でどのように変動するかを明らかにすることを目的とし、窒素施用量および施用時期を変えて、圃場試験を行った。窒素栄養条件の他に、粒厚別、強勢・弱勢穎花別、品種別および年次別変動についても検討した。

各タンパク質の分画は、溶媒抽出法や電気泳動法を試みたが、それぞれ回収率や定量性に難点があったため、

最終的には消化酵素ペプシンを用いた抽出法 (OGAWA ら, 1987)⁹⁾ を用いることとし、これによりアルブミン+グロブリン、グルテリンおよびプロラミンを分画定量した。これは PBI 中のプロラミンが消化酵素ペプシンで分解されない性質を利用して沈殿として回収する方法である。なお、OGAWA らの方法は、サンプル 50 mg を供試するが、本試験では供試量を 500 mg とした。さらに定量の精度を上げるため、OGAWA らの用いた LOWRY 法⁶⁾ ではなく、抽出液および沈殿をケルダール分解し、その窒素含有量をオートアナライザーによる比色法で測定する方法を用いた。

2. 試験方法

1990~1994 年につくばの農業研究センター圃場 (褐色低地土造成相) で窒素施用量を変えて、2 反復で水稻を栽培した。処理は① N 0 区、② N 4040 区 (数字はそれぞれ基肥、定植 30 日後、出穂 25 日前、出穂期の窒素施用量 $g\ m^{-2}$)、③ N 4440 区、④ N 4044 区の 4 区である (ただし 1990 年のみ②区は N 4020 である)。窒素は硫酸を施用した。なおリン酸とカリウムは過リン酸石灰、塩化カリウムを用い、各区とも基肥として $P_2O_5\ 10$ 、 $K_2O\ 15\ g\ m^{-2}$ 施用した。コシヒカリと日本晴を全年、ひとめぼれを 1992~1994 年、金南風とタカナリを 1994 年に供試した。22 日苗を $22.2\ 株\ m^{-2}$ 、1 株 3 本植で 5 月 15 日~18 日に移植した。

収穫期に 1 区 60 株を刈取り、風乾後脱穀して、収量等を調査した。精玄米重は水分 15% として表した。窒素吸収量は地上部各部位の乾物重に、各部位の窒素含有率をかけ、合計した。各部位の窒素は試料 200~300 mg を硫酸と過酸化水素を用いてケルダール分解し、オートアナライザーによる比色法で測定した。

さらに、1992 年と 1993 年 (冷害年) の宮城県古川農業試験場の生育調査圃場 (細粒強グライ土) のササニシキとひとめぼれを供試した。ササニシキは $5.5\ g\ m^{-2}$ 、ひとめぼれは $6.5\ g\ m^{-2}$ の窒素を施用し、27 日苗を

*1 本報告は、1995 年日本土壤肥料学会仙台大会において発表した。

*2 農業研究センター (305 つくば市観音台 3-1-1)

*3 宮城県古川農業試験場 (989-61 古川市諏訪 1-4-30)

*4 香川県農業試験場 (761 高松市仏生山町甲 220)

*5 野菜・茶業試験場 (514-23 三重県安芸郡安濃町大字草生 360)

1995 年 6 月 2 日受付・受理

日本土壤肥料学雑誌 第 67 巻 第 2 号 p. 139~146 (1996)

22.2 株 m^{-2} , 1 株 5 本植で 1992 年は 5 月 10 日, 1993 年は 4 月 20 日に移植した。

食味との関連でプロラミンの変動をみるため, タンパク質の分画には基本的に収穫期の白米を分析試料とし, 一部玄米を供試した。1990 年は玄米を粒厚 1.8 mm 未満, 1.8~2.0 mm, 2.0 mm 以上の 3 段階に分けた。また 1993 年はもみを穂上位置で強勢穎花と弱勢穎花とに分けた。玄米 (1990 年以外は 1.8 mm 以上) を小型精米機パーレスト (ケット社) で 90% に精米し, 振とうミルで粉碎したのち 100 メッシュのふるいにかけて分析試料とした。

試料 500 mg に 0.5 M NaCl を含む 50 mM リン酸緩衝液 (pH 6.8) 10 mL を加え, 20 分間振とう抽出し, 10 000 rpm で 20 分間遠心分離した。この操作を 3 回くり返し, 上澄液をアルブミン+グロブリン画分とした。次に 0.2 M 酢酸緩衝液 (pH 1.7) 10 mL で 1 度洗った後, 同液 10 mL と 1% ペプシン 0.1 mL を加え, 37°C で 1 時間インキュベートし, グルテリンを可溶化し抽出した。遠心分離後, 沈殿にさらに 0.2 M 酢酸緩衝液 (pH 1.7) 10 mL を加え, 20 分振とう, 遠心分離した。これを 2 回くり返し, この上澄液もグルテリン画分に加えた。残った沈殿はペプシンによって, 消化されない PBI に含まれるプロラミンである。各上澄液および沈殿を硫酸と過酸化水素を用いてケルダール分解し, オートアナライザーによる比色法で窒素を定量し, 各タンパ

ク質を白米 1 kg 当たりの窒素の量 (g) で表した。

3. 結 果

1) 水稻の生育と収量

1990~1994 年の水稻生育期の気象データとコシヒカリの出穂期, 収穫期を第 1 表に, コシヒカリの精玄米重, 窒素吸収量等を第 2 表に示す。第 1 表より, 5 月下旬から 9 月上旬までの生育期間の積算平均気温は 1994 年で高かったが, 出穂期までの 5 月下旬から 7 月下旬までは 1991 年と 1994 年で高く, 一方, 冷害年の 1993 年は特に出穂期以降の積算平均気温が低かった。降水量は 1991 年, 1993 年で多かった。日照時間は 1990 年に多く, 1993 年には少なかった。出穂期と収穫期は冷害年の 1993 年で遅く, 最も早い 1994 年との差は 18~22 日もあった。

第 2 表より, 1991 年と 1994 年は稈長が長く, 倒伏程度の大きな年であった。1990~1992 年の精玄米重は同程度であり, 冷害年の 1993 年は前の 3 年に比べ N 0 区で 85%, 窒素施用区では平均して 93% の精玄米重であった。高温年の 1994 年は N 0 区および標準の N 4040 区で最も高い精玄米重を示した。N 4040 区に対し, 定植 30 日後に追肥した N 4440 区の精玄米重は倒伏程度の高い 1991 年, 1994 年には減少した。また実肥を行った N 4044 区は精玄米重が標準区より増加する年 (1990 年, 1991 年) と変わらない年 (1992~1994 年) があ

第 1 表 積算平均気温, 積算降水量, 積算日射量およびコシヒカリの出穂期と収穫期

年次		積算平均気温 (°C)	積算降水量 (mm)	積算日照時間 (h)	出穂期	収穫期
1990 年	5 月下旬~7 月下旬	1597	135	227	8 月 3 日	9 月 11 日
	8 月上旬~9 月上旬	1076	104	265		
	合 計	2673	239	493		
1991 年	5 月下旬~7 月下旬	1626	264	199	8 月 3 日	9 月 13 日
	8 月上旬~9 月上旬	991	290	163		
	合 計	2618	554	362		
1992 年	5 月下旬~7 月下旬	1481	257	151	8 月 9 日	9 月 16 日
	8 月上旬~9 月上旬	1033	49	226		
	合 計	2513	305	377		
1993 年	5 月下旬~7 月下旬	1448	410	137	8 月 19 日	9 月 30 日
	8 月上旬~9 月上旬	940	302	110		
	合 計	2388	712	247		
1994 年	5 月下旬~7 月下旬	1654	195	102	8 月 1 日	9 月 8 日
	8 月上旬~9 月上旬	1108	99	230		
	合 計	2762	294	332		

た。窒素吸収量は1994年が最も高く、1991年のN 4044区でも高かった。

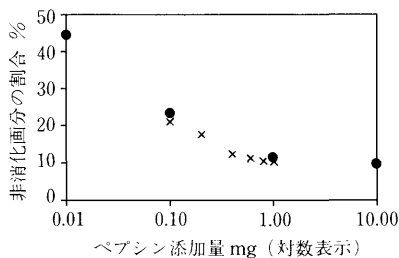
2) ペプシン量の決定

使用するペプシン (3 300 units/mg solid, シグマ社) の最適量の検討を行った。金南風を用い、1回目にペプシンをサンプル 500 mg 当たり 0.01, 0.1, 1, 10 mg 添加し、2回目に0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 mg 添加した。1, 2回目の結果をまとめたのが第1図である。

第2表 コシヒカリの精玄米重, 窒素吸収量, 玄米窒素含有率等

	稈長 (cm)	倒伏 程度	精玄米重 (g m ⁻²)	N 吸収量 (g m ⁻²)	玄米 N (g kg ⁻¹)
1990年					
N 0	75	0.1	327	5.3	11.1
N 4020	85	1.0	528	8.1	11.7
N 4440	93	1.8	563	10.5	13.6
N 4044	88	1.0	553	11.1	14.5
1991年					
N 0	81	0.0	340	5.2	11.4
N 4040	94	2.0	546	8.7	13.1
N 4440	104	3.5	475	9.5	13.7
N 4044	96	1.8	574	12.5	15.9
1992年					
N 0	73	0.0	326	5.1	11.2
N 4040	85	0.2	559	9.4	12.8
N 4440	87	2.0	558	9.1	12.6
N 4044	83	0.0	542	10.2	14.2
1993年					
N 0	76	0.0	282	4.7	11.5
N 4040	92	0.8	501	9.3	12.9
N 4440	94	3.3	509	10.2	13.7
N 4044	91	0.8	510	11.2	15.3
1994年					
N 0	82	0.0	372	6.0	11.0
N 4040	97	2.4	570	11.0	12.4
N 4440	105	4.0	505	12.8	13.9
N 4044	100	2.9	551	12.4	14.8

倒伏程度は0 (無) ~ 4 (完全倒伏) の5段階。



第1図 ペプシン添加量による非消化画分の割合の変化
●, 1回目; ×, 2回目。

ペプシン量が1 mg までは添加量が増加するほどペプシンで消化されないものの割合が低下し、1 mg から 10 mg までは変化しなかった。したがって、プロラミン以外のタンパク質を十分に分解するペプシン量は白米サンプル 500 mg に対して 1 mg と考えた。この時の抽出液中ペプシン濃度は 0.1 mg mL⁻¹ である。分析操作としてはサンプル 500 mg + バッファー 10 mL に 1% ペプシンを 0.1 mL 加えることとした。

3) 窒素栄養条件等によるタンパク質含有率および組成割合の変化

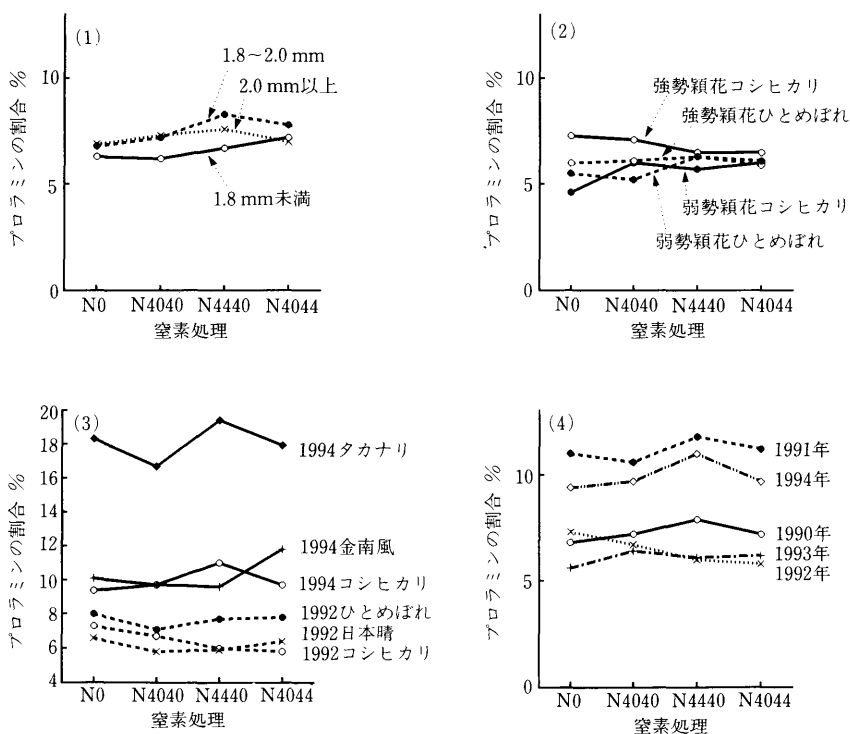
1992年の分析結果を第3表に示す。白米の全窒素(全タンパク質)およびアルブミン+グロブリン、グルテリンおよびプロラミンのいずれの画分のタンパク質含有率も窒素施用量が増すほど、また、同じ施用量なら施用時期が遅いほど高くなった。各画分が全タンパク質に占める割合はグルテリンが最も高く、1992年の試料では74.3~79.0%であり、アルブミンとグロブリンは合計して15.2~18.3%、プロラミンは5.8~8.0%であった。この組成割合は窒素施用条件を変えてもほとんど変化しなかった。

プロラミンに注目し、その全タンパク質中に占める割合が様々な条件でどのように変動するかを第2図に示した。各図とも横軸は窒素処理である。第2図(1)は1990年のコシヒカリを粒厚別にみたものである。粒厚 1.8 mm 未満のくず米は、1.8 mm 以上の精玄米に比べ、プロラミンの割合が低い傾向があった。第2図(2)は1993年のコシヒカリ、ひとめぼれについて強勢、弱勢穎花別にみたものである。コシヒカリでは強勢穎花に比べ、弱勢穎花でプロラミンの割合が低い傾向があった。しかし、ひとめぼれでははっきりしなかった。第2図(3)に品種間差を示す。1994年にはコシヒカリと古い品種の金南風では差がないのに対し、インディカ品種のタカナリはプロラミンの割合が約18%と高かった。1992年には第3表にも示したように品種間に有意差がみられ、ひとめぼれで高かったが、第2図(2)から1993年ではコシヒカリとひとめぼれの間には差はみられず、供試したジャポニカ品種の間にはほとんど差はないと言えよう。次に第2図(4)にコシヒカリの年次間差を示す。プロラミンの割合は年次間で変動し、1991年と1994年は10%前後の値であり、他の3年はそれより低い値であった。このように特にジャポニカ品種とインディカ品種の間および年次間でプロラミンの割合には明らかに差がみられたが、第2図(1)~(4)によっても示されたように、窒素施用条件ではプロラミンの割合に一定の傾向はみられなかった。

第 3 表 窒素栄養条件の異なる白米のタンパク質含有率と組成割合 (1992 年)

品 種	処 理	全窒素 (g kg ⁻¹)	タンパク質含有率 (g N kg ⁻¹)			タンパク質組成割合 (%)		
			アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン	アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン
コシヒカリ	N 0	8.97	1.51	6.80	0.65	16.8	75.9	7.3
	N 4040	10.86	1.66	8.14	0.70	15.8	77.5	6.7
	N 4440	10.99	1.78	8.65	0.66	16.0	78.0	6.0
	N 4044	12.01	1.89	9.84	0.72	15.2	79.0	5.8
日本晴	N 0	8.26	1.68	6.87	0.60	18.3	75.1	6.6
	N 4040	9.46	1.79	7.99	0.60	17.3	77.0	5.8
	N 4440	10.63	1.86	7.99	0.62	17.8	76.3	5.9
	N 4044	11.86	1.97	9.00	0.75	16.8	76.8	6.4
ひとめぼれ	N 0	9.02	1.50	7.06	0.75	16.2	75.8	8.0
	N 4040	9.46	1.59	7.15	0.67	16.9	76.0	7.1
	N 4440	9.72	1.79	7.39	0.77	18.0	74.3	7.7
	N 4044	11.91	1.82	8.62	0.89	16.1	76.1	7.8
分散比 F_0	品種	31.74*	16.92	25.31*	294.70**	56.38*	0.61	27.81*
	窒素処理	47.92**	15.06**	45.77**	7.11**	5.60*	0.16	3.61
	交互作用	2.08	0.28	2.64	1.15	2.34	0.12	1.72

* 5%水準で有意差あり, ** 1%水準で有意差あり.



第 2 図 プロラミンが全タンパク質中に占める割合

(1) 粒厚別 (1990 年コシヒカリ), (2) 強勢・弱勢穎花別 (1993 年), (3) 品種別 (1992, 1994 年), (4) 年次別 (コシヒカリ).

4) 冷害年のタンパク質含有率および組成割合

冷害年であった1993年の宮城県古川農試の生育調査圃場のササニシキとひとめぼれのタンパク質組成について、一般的な生育をした1992年と比較して第4表に示す。冷害年のタンパク質および各タンパク質の含有率はいずれも1992年より高く、その傾向は不稔歩合が66.0%と高かったササニシキで、ひとめぼれ（不稔歩合52.9%）より顕著であった。プロラミンが全タンパク質中に占める割合は両品種とも冷害年で低下した。また、アルブミン+グロブリンの割合も低下し、グルテリンの割合が上昇した。

5) 玄米と白米の比較

玄米および同サンプルを90%精米して白米にしたものの各タンパク質を分画し含有率を比較した（第5表）。アルブミン+グロブリン含有率は玄米の方が白米より高かった。これは、アルブミンのほとんどがぬか層に存在するためである。グルテリン含有率は玄米でも白米でもほとんど同じ値であったが、プロラミン含有率は玄米において特に窒素施用量が増すと上昇した。そして、玄米においては白米の場合と異なりプロラミンの全タンパク質に占める割合は窒素施用量が増すにつれて上昇した。グルテリンとプロラミンはデンプン性胚乳に存在し、ぬか層には存在しないとされている¹⁷⁾。しかし、精米によりぬか層とともにデンプン性胚乳の最外部がけずられる²²⁾ため、デンプン性胚乳の外側に多く存在する¹⁸⁾とされるプロラミンの含有率が白米で低下するものと思われる。

4. 考 察

水稲の場合、登熟過程でPBIはPBIIよりも遅く作られる^{5,20)}とされ、米粒内分布ではPBIの方が外側に多い¹⁸⁾ことが示されている。このように登熟過程で全く別々に作られる2つのプロテインボディは、登熟過程での環境条件によって、その組成割合が変動することが予想された。

これまで窒素施用と米粒のタンパク質組成の関係をみた研究は少ないが、山下ら²¹⁾は施肥窒素の増加によるタンパク質の増大は主にグルテリンの増加によるものであるとし、小川ら¹⁰⁾は窒素濃度を変えて育成した種子中の含量変化はPBIに存在するタンパク質の方がPBIIに存在するタンパク質よりも大きいとした。しかし前⁷⁾は窒素栄養の変化により胚乳タンパク質の量は影響を受けるが、構成タンパク質の割合が大きく変わることはなかったとしている。本研究より、白米においてはアルブミン+グロブリン、グルテリンおよびプロラミンが全タンパク質に占める割合は窒素栄養条件で変化せず、窒素施用量を増したり、施用時期を遅らせると、いずれの画分も同じように含有率が上昇することが明らかとなった。山下ら²¹⁾のデータを改めて検討したところ、プロラミンとグルテリンの組成割合はそれぞれ4~5%、67~73%であるが、窒素処理による影響は明らかでないと考えられた。

ビール用大麦種子においては主要なタンパク質であるホルデイン（アルコール抽出画分）は窒素施用量の増加にともないその組成割合が上昇し、グルテリンの割合は低下した（建部・岡留・米山、未発表）。トウモロコシ^{12,19)}や小麦⁴⁾においても窒素施用量でタンパク質の組成割合は変動するという報告がある。本試験の水稲においても玄米の分析ではプロラミンの割合が窒素施用量にともない上昇した（第5表）ことから、デンプン性胚乳の最外部で窒素施用にともないプロラミン含有率が大きく上昇する可能性も考えられる。種子タンパク質の粒内分布と窒素栄養条件の関係についてさらに研究する必要がある。

粒厚別にみた場合、1.8 mm未満のくず米は1.8 mm以上の精玄米よりプロラミンの割合が低く、弱勢穎花は強勢穎花よりプロラミンの割合が低い傾向があった。また、冷害の被害の大きな水稲ではプロラミンの割合が低かった（第4表）。このことは遅れて登熟する米粒では、グルテリンより遅く蓄積の始まるプロラミンの割合が低

第4表 冷害年白米のタンパク質含有率と組成割合（宮城県古川農試生育調査圃場）

収穫 年次	品 種	全窒素 (g kg ⁻¹)	タンパク質含有率 (g N kg ⁻¹)			タンパク質組成割合 (%)		
			アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン	アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン
1992	ササニシキ	10.38	1.70	8.58	0.89	15.2	76.8	8.0
	ひとめぼれ	11.16	1.85	9.16	0.94	15.5	76.6	7.9
1993 冷害年	ササニシキ	16.39	2.28	13.55	1.26	13.3	79.3	7.4
	ひとめぼれ	14.54	2.09	12.16	1.08	13.6	79.4	7.0

第 5 表 玄米および白米のタンパク質含有率と組成割合 (1991 年)

品 種	処 理	全窒素 (g kg ⁻¹)	タンパク質含有率 (g N kg ⁻¹)			タンパク質組成割合 (%)		
			アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン	アルブミン +グロブリン	グルテリン	プロラミン
白 米								
コシヒカリ	N 0	10.13	1.62	7.48	1.08	15.9	73.5	10.6
	N 4040	11.43	1.63	9.18	1.21	13.6	76.4	10.1
	N 4440	12.70	1.73	8.99	1.42	14.3	74.1	11.7
	N 4044	15.04	1.97	10.43	1.79	13.9	73.6	12.6
日本晴	N 0	10.71	1.33	7.29	1.19	13.6	74.3	12.1
	N 4040	10.61	1.38	7.32	1.25	13.9	73.6	12.6
	N 4440	12.21	1.43	8.34	1.31	12.9	75.3	11.8
	N 4044	14.32	1.70	10.40	1.70	12.3	75.4	12.3
玄 米								
コシヒカリ	N 0	11.66	2.65	7.26	1.02	24.3	66.6	9.3
	N 4040	12.71	2.44	7.98	1.56	21.8	70.4	13.7
	N 4440	13.79	2.96	9.49	1.89	20.7	66.2	13.2
	N 4044	15.73	3.05	10.12	2.36	19.6	65.1	15.2
日本晴	N 0	11.49	2.46	7.60	1.00	22.3	68.7	9.0
	N 4040	11.49	2.52	7.69	0.89	22.5	68.8	7.9
	N 4440	12.44	2.98	8.64	1.60	22.5	65.4	12.1
	N 4044	14.77	2.83	10.11	1.90	19.1	68.1	12.8

かったことを表している。しかし、本試験でプロラミンの割合に最も大きな差がみられたのは品種間差であり、次に年次間の変動であった。1991年と1994年にはプロラミンの割合が多く、その他の年は低かった。1991年と1994年に共通であったのは、出穂期までの気温が高く初期生育が旺盛で出穂期が早く稈長が長かった点、またその結果として倒伏程度が大きかった点である。しかし、登熟期間の気象には共通点はなく、年次間差を登熟の程度で説明することはできなかった。しかし、稈長が長くなる生育条件下では最終的な子実への窒素の移行が遅れ、プロラミンの割合が増大したとも考えられる。

なお、プロラミンが全タンパク質に占める割合は溶媒抽出法では数%程度とされていた⁸⁾が、OGAWAら⁹⁾は消化酵素ペプシンを用いてPBIを沈殿させ、LOWRY法で定量する方法で、プロラミンの割合を約20%としている。木崎ら³⁾は電気泳動でポリペプチドを分離し、デンストメーターで定量する方法で、精米歩合70%の酒造原料米のプロラミンの割合を22.9%としているが、ここでは分子量10~16 kDaのポリペプチドをプロラミンとして合計している。また、免疫プロット法を用いたLiら⁵⁾は18.6%としている。これらから現在ではプロラミンの割合は日本稲で20%程度とされている

ようである。本研究においては、OGAWAらのペプシンを用いた抽出法⁹⁾とケルダール法による窒素の定量からプロラミンの割合は5~12%という結果が得られた。今回の検討でペプシンの最適量はOGAWAらの場合⁹⁾と同じ濃度となったが、プロラミン抽出の安定性についてはさらに検討が必要である。今後、子実の成熟にともなって蓄積するプロラミンの局在性や性質の変動を明らかにする必要がある。

5. 要 約

窒素施用量および施用時期を変えて水稻を栽培し、ペプシンを用いた抽出法で白米を分別定量し、タンパク質組成と窒素栄養条件の関係を検討した。

1) 白米の全タンパク質およびアルブミン+グロブリン、グルテリン、プロラミンの各タンパク質含有率は窒素施用量が増すほど、また施用時期が遅いほど高くなった。しかし、全タンパク質に占める各タンパク質の割合は窒素栄養条件によって変化しなかった。

2) ジャポニカ品種(コシヒカリ、日本晴、ひとめぼれ、金南風)に比べ、インディカ品種のタカナリはプロラミンの全タンパク質中に占める割合が高かった。

3) プロラミンが全タンパク質中に占める割合には年

次間差がみられ、1991年と1994年はその他の年より高かった。また、冷害の被害の大きかった水稲では、白米のプロラミンの割合が低かった。

4) 粒厚1.8mm未満のくず米は精玄米よりプロラミンの割合が低く、弱勢穎花は強勢穎花よりプロラミンの割合が低い傾向があり、これは遅れて登熟する米粒では、グルテリンより遅く蓄積の始まるプロラミンの割合が低かったためと思われる。

謝辞 種子については、コシヒカリは新潟県農業試験場、ひとめぼれは宮城県農業センター、日本晴は愛知県農業総合試験場、金南風は農業研究センター稲育種法研究室より頂いた。気象測定値は農業環境技術研究所気象管理科気候資源研究室の資料による。また、本研究の遂行にあたっては、四国農業試験場土壌管理研究室長藤原伸介氏、農業研究センター吉岡徹氏、雨田一郎氏、伊東善章氏、鈴木利治氏および相曾俊恵氏より研究協力を頂いた。深く感謝する。

文 献

- 稲津 脩：北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究，北海道立農試報告，**66**，1～89 (1988)
- 石間紀男・平 宏和・平 春枝・御子柴穆・吉川誠次：米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響，食総研報，**29**，9～15 (1974)
- 木崎康造・井上康裕・岡崎直人・小林信也：酒造原料米中のプロテインボディーの分離・定量，醸協，**86**，293～298 (1991)
- KOCH, K. and MENGEL, K.: Effect of K on N utilization by spring wheat during grain protein formation. *Agron. J.*, **69**, 477～480 (1977)
- LI, X. and OKITA, T. W.: Accumulation of prolamines and glutelins during rice seed development: A quantitative evaluation. *Plant Cell Physiol.*, **34**, 385～390 (1993)
- LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. Y., FAN, A. L. and RANDALL, R. J.: Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265～275 (1951)
- 前 忠彦：イネにおける窒素の体内利用—強勢穎果と弱勢穎果の比較—，土肥要旨集，**36**，37～38 (1990)
- 8) 小川雅広・佐藤 光・熊丸敏博：米タンパク質の改良—胚乳に存在するタンパク質顆粒の突然変異—，育種学最近の進歩，**30**，3～13 (1989)
- 9) OGAWA, M., KUMAMARU, T., SATOH, H., IWATA, N., OMURA, T., KASAI, Z. and TANAKA, K.: Purification of protein body-I of rice seed and its polypeptide composition. *Plant Cell Physiol.*, **28**, 1517～1527 (1987)
- 10) 小川雅広・朴 泰司・長尾 浩・葛西善三郎：コメ胚乳貯蔵蛋白質の集積機構，プロテインボディ (PB) に存在する蛋白質の集積過程の免疫学的解析，土肥要旨集，**35**，103 (1989)
- 11) OSBORNE, T. B.: The vegetable protein, p. 154, Longmans Green & Co., New York (1924)
- 12) RENDIG, V. V. and BROADBENT, F. E.: Proteins and amino acids in grain of maize grown with various levels of applied N. *Agron. J.*, **71**, 509～512 (1979)
- 13) 佐藤 光・小川雅広：米貯蔵タンパク質改良への新しいアプローチ，化学と生物，**29**，463～471 (1991)
- 14) 宍戸功一：コシヒカリの食味におよぼすタンパク質構成の影響，平成5年度北陸農業試験研究推進会議資料 (1993)
- 15) TANAKA, K., SUGIMOTO, T., OGAWA, M. and KASAI, Z.: Isolation and characterization of two types of protein bodies in the rice endosperm. *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 1633～1639 (1980)
- 16) 田中国介・増村威宏：イネ種実におけるタンパク質の集積機構，化学と生物，**26**，543～550 (1988)
- 17) 田中国介・葛西善三郎・小川雅広：稲学大成，第2巻「生理編」，p. 64，農文協，東京 (1990)
- 18) 田中国介：米蛋白質の化学，「米研究の最前線」資料，食品総合研究所 (1993)
- 19) TSAI, C. Y., HUBER, D. M. and WARREN, H. L.: A proposed role of zein and glutelin as N sinks in maize. *Plant Physiol.*, **66**，330～333 (1980)
- 20) YAMAGATA, H., SUGIMOTO, T., TANAKA, K. and KASAI, Z.: Biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds. *ibid.*, **70**，1094～1100 (1982)
- 21) 山下鏡一・藤本堯夫：肥料と米の品質に関する研究 4 窒素肥料による精米のタンパク質の変化と食味との関係，東北農試研報，**48**，91～96 (1974)
- 22) 梁取昭三・木戸三夫：米粒内の蛋白質，脂質，燐酸および加里の量的分布に関する研究，日作紀，**40**，420～424 (1971)

Influence of Nitrogen Application on the Contents of Glutelin and Prolamin of Polished Rice Grains (*Oryza sativa* L.)

Masako TAKEBE, Tsutomu OIKAWA*, Kouji MATSUNO**, Emiko SHIMIZU*** and Tadakatsu YONEYAMA

(Natl. Agric. Res. Cent., *Miyagi Prefect. Furukawa Agric. Exp. Stn., **Kagawa Prefect. Agric. Exp. Stn., ***Natl. Res. Inst. Veg., Ornamental Plant & Tea)

One of the main factors determining the taste of cooked rice grain is the protein content in the polished grain, usually high-taste grains have a low protein content. In the rice grain, two protein bodies, PBI and PBII are included. Glutelins are in PBII, and prolamins are in PBI which is not

digested by pepsin. A recent interest is which proteins have a greater influence on the rice taste. In this study, several varieties of rice were cultivated with different treatments of nitrogen ranging from 0 to 12 g m⁻², and the effect of these nitrogen treatments on the protein contents in the grain was investigated.

The proteins in the polished rice (polishing yield of 90%) were analysed by the extraction method including the pepsin digestion. Prolamin was the residual proteins after pepsin digestion. The contents of albumin (water-soluble protein) + globulin (salt-soluble protein), glutelin and prolamin were increased with increasing nitrogen fertilizer particularly by late application, but the proportions of the individual proteins in the total protein were almost constant at any nitrogen treatment.

However, the percentages of prolamin in the total protein changed with varieties and years. They were about 18% in Takanari, an indica variety, and about 10% in Koshihikari and Kinmaze, japonica varieties, in 1994, and those in Koshihikari were 10.0–11.2% in 1991 and 1994, and 6.2–7.3% in 1990, 1992 and 1993. They were lower in unfilled rice (brown rice size below 1.8 mm) than in filled rice (more than 1.8 mm) and were lower in the inferior spikelets than the superior spikelets when examined in Koshihikari. Since prolamins accumulate in the later stage of grain filling than glutelin, it is inferred that the grains which mature late have the low prolamin fraction.

Key words glutelin, nitrogen, prolamin, protein, rice

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **67**, 139–146, 1996)