Tadaaki HIGASHI, Kinya KUSHIBUCHI and Ryuji Ito: Studies on Breeding for High Protein Rice. I. Protein Content of Different Rice Varieties and Their Relations with Some Agronomic Traits Including Yield (with English Summary, p. 96)

Synopsis. There were varietal differences on protein contents of brown rice in Japanese rice varieties. The protein contents were increased by heavy nitrogen application. A negative correlation was found between grain yield and protein content, but there were some high protein varieties having moderately high yield. An experiment was conducted in order to probe the negative correlation, and the cause of it was discussed.

高蛋白米品種の育種に関する基礎的研究

I. 玄米蛋白含有率の品種間差異および諸形質とくに収量との関係について

東 正 昭・櫛淵 欽也・伊藤 隆二*

(農林省農事試験場, 鴻巣市)

緒 言

穀実の成分育種については米国ではトウモロコシのオイルおよび蛋白含有率に関して 60 世代にわたる歴史的な選抜実験例があり (WOODWORTH *et al.* 1952, LENG 1961), リジン含量を支配する遺伝子も発見されている (MERTZ *et al.* 1964, NELSON *et al.* 1965)。また最近各国で種々の穀実の成分育種とくに高蛋白品種育成への関心が高まっており, スエーデンでは高蛋白, 高リジンの大麦系統が育成されている (瀬古 1973)。

我国においては大豆, 水稻, 大麦などで高蛋白品種育成へのアプローチが行われているがその研究歴は浅い。しかし例えば水稻の場合, 米は国民の主食であり, 現在蛋白質摂取量の約 20% を米から得ている。また植物蛋白の中では米の蛋白は良質とされており, その含有量を高めることは国民の栄養問題として重要な課題といえる。これまでも米の蛋白含有率の品種間差異は認められており, 栽培環境によつても変動するとされている。さらに TANAKA *et al.* (1968) は農材 8 号のガンマー線照射により, 片岡 (1973) はコシヒカリのエチレンイミン処理により高蛋白突然変異系統を得ている。

本報告では蛋白含有率の品種間差異とその施肥による変動を検討すると共に, 品種面からの蛋白含有率と諸形

質の関係とくに収量との相対関係を究明した。また蛋白含有率の品種間差異はこれまでは一律に扱われており, 育種に有効な遺伝的変異であるかどうかを吟味した例はみあたらない。本報告ではこれら品種間差異の生ずる原因に関するいくつかのパターンを想定し, 考察を加えた。

材料および方法

実験 1 (1969 年実施)

関東地方の主要品種を含む 16 品種を供試し標肥および多肥栽培を行つた。標肥区, 多肥区とも各品種をランダムに配置し, 反復は設定していない。標肥区は基肥のみとし粒状化成で 10a 当り窒素 5.6kg, リン酸 5.6kg, カリ 3.5kg 施与した。多肥区は基肥を 50% 増し, 穂揃期に硫酸で窒素を 0.4kg/10a 追肥した。その他の栽培条件は普通期栽培の慣行法によつた。すなわち, 苗代播種日は 5 月 15 日で 6 月 25 日に本田に移植し, 栽植密度は 30cm×18cm, 1 株 3 本植とした。各区の中央から 8 株を分析標本として収穫し, その玄米と白米を重クロム酸ナトリウム処理により含水量を一定にした(約13%)後, 日本食品分析センターで全窒素の分析を行つた。なお精白には Kett の TP-2 型搗精機を用い, 観察による搗精度が各品種ほぼ一定になるよう精白した。この実験では蛋白含有率の品種間差異, 施肥量と蛋白含有率の関係, 玄米と白米の蛋白含有率の関係等を調査した。

実験 2 (1970 年実施)

* (現)農林省農林水産技術会議事務局 東京都
1973 年 12 月 1 日受領

実験1で用いた品種より3品種を除き、高蛋白質突然変異系統を含む4品種を新たに加え、計17品種を供試した。栽培方法は実験1と同様慣行法に準じ、施肥量も実験1の標肥区に準じた。データ解析には各品種4反復の平均値を用いた。玄米収量調査標本は各区の中央部から15株刈取つてa当りに換算した。玄米の見かけの品質は1(良)~5(不良)の5段階評価を行い、窒素の分析は実験1と同様である。この実験では玄米蛋白質含有率と出穂期、収量、品質、千粒重などとの関係を調査した。

実験3 (1971年実施)

農林8号のガンマー線照射により生じた系統で、放射線育種場で選抜された高蛋白質突然変異系統の一つであるNo.217は小粒でさらに大部分の穎花が退化しており、1穂穎花数は著しく少なく、収量はきわめて低い。しかし稈長、穂数、葉面積等は栽培品種と大差なく、要するにsource(同化産物の供給体; 葉身、葉鞘など同化器官)サイズの割にsink(同化産物の受容体; 穀など収穫の対象になる受容器官)サイズが著しく小さい(普通の品種の約半分)。またフクニシキは実験1,2により他品種より明らかに高蛋白質で、蛋白質含有率はNo.217に匹敵することが判明した。本実験は収量に直接影響をおよぼすような草状の変異と玄米の蛋白質含有率の関係を究明するために行つた。

No.217と同熟期で低蛋白質の金南風、フクニシキと同熟期でこれより低蛋白質のフジミノリを各々、No.217、フクニシキとペアで一つのポットに栽培し、各々ペアでsink, sourceのサイズを人為的に揃え、収量を一定にした。sourceサイズ(葉面積で代用)を同一にするため、最高分げつ期(茎数調整)、止葉展開時(穂数、葉面積調整)に切茎、剪葉し、sinkサイズ(穎花数×千粒重)を同一にするため穂揃期に剪穎した。処理法の詳細はTable1の通りである。苗は普通期苗代で養成し、6月19日に各々2品種をペアにして1株(2本)ずつ1/5000aのポットに移植した。基肥として8-8-8粒状化

成をポット当り9g施与し、フクニシキ、フジミノリの区には穂揃期に硫酸1gを追肥した。なお同一栽培条件下で無処理区を設定した。収穫した玄米は実験1と同方法で含水量を一定(約13%)にした後、セミ・ミクロケルダール法で窒素の定量を行つた。

実験1,2,3共通して窒素含有率×5.95で蛋白質含有率とした(水分含有率約13%)。

結 果

実験1

供試品種の玄米および白米の蛋白質含有率をTable2に示した。蛋白質含有率は栽培品種の間にも有意な品種間差異が存在し、多肥によつて含有率は増加し、玄米を精白することにより蛋白質含有率は約10%(0.65%)低下した。

Fig.1には玄米と白米の蛋白質含有率の関係を示したが、両者の間にはきわめて高い正の相関($r=0.938^{***}$)が存在する。従つて精白による蛋白質の低下は各品種ともほぼ一定で、肥料の間の差もほとんどないと言えよう。

各品種の蛋白質含有率の窒素施肥に対する反応をみると、蛋白質含有率の低い品種ほど多肥による蛋白質の増加が多い傾向がみられる(Fig.2)が、玄米について標肥区と多肥区の間品種の蛋白質含有率の順位をみると $r_s=0.527^*$ で有意な正の相関が認められる(r_s はSpearmanの順位相関係数)。すなわち玄米蛋白質含有率の品種間差異は施肥量の差異によつて大きく逆転するようなことは認められなかつた。

実験2

玄米の蛋白質含有率と収量の間には有意な負の相関($r=-0.860^{**}$, フクニシキとハウネンワセは除いて計算)が存在する(Fig.3)。この中でフクニシキとハウネンワセは実用品種の中ではとくに高蛋白質の部類に入ると考えられる。

玄米千粒重と蛋白質含有率の間にも負の相関が認められ

Table 1. Procedure of sink and source size treatment (Exp.3 1971)

Variety	Heading date	A) 1000 grain weight(g)	B) No. of spikelets per panicle	C) Sink size	D) Max. width of leaf blade(cm)	E) Total length of leaf blades (cm/panicle)	F) Source size
Kinmaze	13/IX	21.0	21	0.44	1.2	80	77
No. 217	8/IX	17.5	25	0.44	1.2	80	77
Fujiminori	22/VIII	20.0	49	0.98	1.2	125	120
Fukunishiki	20/VIII	21.5	45	0.98	1.0	150	120

Notes; A was derived from Table 3 (Exp.2 1970).

B: Other spikelets were clipped after heading.

C=A×B (g/panicle)

E: Other leaf blades were cut off after flag leaf had developed.

F=D×E×0.8 (cm²/panicle)

Table 2. Protein contents (%) of bawn and polished rice in tested varieties (Exp.1 1969)

(a) Brown rice

Variety	1) Fuku- nishiiki 10	2) Sankei	3) Manryo	4) Yama- biko	5) Nippon- bare	6) Norin 25	7) Norin 22	8) Kusa- bue	9) Norin 8	10) Haru- kaze	11) Fuji- minor 48	12) Norin 48	13) Norin 29	14) Kin- maze	15) Kochi- kaze	16) Tsukuba- nishiki	Mean
Standard N.	9.34	8.33	8.21	8.27	7.97	7.68	7.68	8.09	7.97	7.85	7.68	7.85	7.26	6.96	6.84	6.43	7.78 A)
Heavy N.	9.40	8.69	8.45	8.03	8.33	8.39	8.33	7.91	7.97	8.09	8.15	7.85	8.27	8.03	7.74	7.38	8.19 B)
Mean	9.37	8.51	8.33	8.15	8.15	8.04	8.01	8.00	7.97	7.97	7.92	7.85	7.77	7.50	7.26	6.91	7.98 C)
																	B-A=0.41**

(b) Polished rice

Variety	1) Fuku- nishiiki 10	2) Sankei	3) Manryo	7) Norin 22	4) Yama- biko	9) Norin 8	5) Nippon- bare	8) Kusa- bue	10) Haru- kaze	12) Norin 48	6) Norin 25	13) Norin 29	11) Fuji- minor 48	14) Kin- maze	15) Kochi- kaze	16) Tsukuba- nishiki	Mean
Standard N.	8.75	7.97	7.91	7.20	7.44	7.44	6.84	7.32	7.38	7.38	6.78	6.60	6.72	6.49	6.49	6.01	7.17 D)
Heavy N.	8.69	8.09	7.74	7.91	7.56	7.32	7.85	7.26	7.08	7.08	7.62	7.56	7.32	7.08	6.78	6.78	7.48 E)
Mean	8.72	8.03	7.83	7.56	7.50	7.38	7.35	7.29	7.23	7.23	7.20	7.08	7.02	6.79	6.64	6.40	7.33 F)
																	E-D=0.31*

Notes; Protent (%)=N (%)×5.95, wet weight basis (13% moisture).

** and * indicate the significant differences by *t*-test at the 1% and 5% levels respectively.

The under lines show the groups of nonsignificant difference by Duncan's test (5% level).

C-F=0.65**

Fig. 1. Relation between protein content of brown rice and that of polished rice (Exp. 1 1969).

る ($r = -0.714^{**}$, フクニシキとホウネンワセは除いて計算)。ただしフクニシキはやや大粒で高蛋白である。しかし玄米の見かけの品質と蛋白含有率の間にはこのような相関関係は認められず (Fig. 4), 出穂期と玄米蛋白含有率の関係も本実験では認められなかった。

実験 3

フクニシキとフジミノリの玄米収量に関しては処理区, 無処理区とも両品種間の差は認められない。しかし玄米蛋白含有率は処理区, 無処理区とも有意な差があり, い

Fig. 2. Protein content of brown rice in standard (●) and heavy (×) nitrogen application (Exp. 1 1969).

ずれもフクニシキの方が高い (Table 4)。

一方 No. 217 の玄米収量は無処理区では金南風の約半分しかなく有意に低い, 処理区では両品種ほとんど同じで有意差はない。玄米蛋白含有率は無処理区では No. 217 が有意に高い。しかし, sink, source のサイズを揃え収量を同一にした (source の割に sink を著しく制限した。従つて金南風の収量は著しく低下した) 処理区では金南風の蛋白含有率が高まり, No. 217 のそれとほ

Table 3. Main traits of tested varieties (Exp. 2 1970)

Variety	Trait	Heading date	Grain yield (kg/a)	Grain quality ¹⁾	1000 grain weight (g)	Protein content (%) ²⁾	Protein yield (kg/a)
Fukunishiki		21/VIII	38	3.0	21.5	8.93	3.4
No. 217		7/IX	24	3.3	17.5	8.87	2.1
Honenwase		21/VIII	38	1.0	19.5	8.57	3.3
Sankei 10		5/IX	39	5.0	20.5	7.97	3.1
Koshihikari		23/VIII	39	1.3	19.2	7.85	3.1
Tamayodo		25/VIII	37	1.8	19.8	7.85	2.9
Norin 29		2/IX	36	3.8	19.8	7.79	2.8
Nipponbare		1/IX	44	2.8	20.7	7.74	3.4
Norin 22		4/IX	39	3.0	19.5	7.68	3.0
Norin 8		2/IX	43	4.0	20.8	7.56	3.2
Fujiminori		21/VIII	38	2.3	20.0	7.56	2.9
Yamabiko		2/IX	43	3.3	22.2	7.50	3.2
Kusabue		29/VIII	41	2.0	20.7	7.44	3.0
Norin 25		3/IX	40	4.3	21.4	7.32	2.9
Kinmaze		6/IX	41	5.0	21.0	7.20	2.9
Harukaze		29/VIII	44	2.5	20.8	7.14	3.1
Tsukubanishiki		1/IX	45	3.3	20.5	6.84	3.0

Notes; 1) 1.0 (good)~3.0 (intermediate)~5.0 (bad)

2) $N(\%) \times 5.95$, wet weight basis (13% moisture)

Fig. 3. Relation between grain yield and protein content (Exp. 2 1970).

Fig. 4. Relation between visual grain quality and protein content (Exp. 2 1970).

とんど変らず有意差は認められない (Table 5)。

考 察

蛋白含有率の品種間差異と窒素多肥による蛋白の増加

米の蛋白含有率に関して我国の栽培品種の間にも品種間差異が存在することはこれまでも認められており、本庄 (1971a) はオイラセ、ハツニシキなどが高いとしている。また平ら (1971) はハウネンワセは高蛋白の部類に入るとしている。本実験でもフクニシキ、ハウネンワセはフジミノリより明らかに高蛋白であることが認め

Table 4. Grain yield and protein contents of "Fukunishiki" and "Fujiminori" which were treated to have same sink and source size (Exp. 3 1971)

(a) Treated plot

Pot No.	Grain yield ¹⁾		Protein % ²⁾	
	Fukunishiki	Fujiminori	Fukunishiki	Fujiminori
1	6.4	5.9	9.46	8.51
2	3.4	4.7	9.88	8.21
3	3.9	5.5	9.58	8.15
4	6.0	4.5	10.53	8.63
5	5.2	5.4	9.94	8.33
6	5.5	5.0	9.46	8.27
7	6.3	5.4	9.76	8.33
8	4.4	5.3	9.58	8.33
Mean	5.2	5.2	9.76	8.33
Fuk. ³⁾ -Fuj.	0.0		1.43**	

(b) Control

Pot No.	Grain yield ¹⁾		Protein % ²⁾	
	Fukunishiki	Fujiminori	Fukunishiki	Fujiminori
9	9.7	5.8	10.12	8.69
10	9.2	11.1	8.81	7.26
11	6.1	10.9	8.21	6.96
12	15.5	4.5	8.75	8.03
13	7.6	8.0	9.22	8.45
14	14.7	8.5	9.58	8.75
15	17.6	10.9	9.16	7.62
16	11.5	17.8	10.12	8.38
Mean	11.5	9.7	9.22	8.03
Fuk. ³⁾ -Fuj.	1.8		1.19**	

Notes; 1) g/plant

2) N(%)×5.95, wet weight basis (13% moisture)

3) difference of both varieties

** significant at the 1% level

られた。ハツニシキはフクニシキの親でありハウネンワセとは姉妹品種である。さらにハツニシキ、ハウネンワセの片親である農林1号も高蛋白であることが認められている (農事試, 未発表)。これらの結果から玄米蛋白含有率にも遺伝的支配が働いているものと推察される。

一方、栽培条件によつて蛋白含有率が変動することも認められており、とくに多窒素や穂揃期窒素追肥などで蛋白は増加するとされている (尾崎 1949, 尾崎ら 1953, 木戸ら 1965, 1968, 平ら 1970, 本庄 1971b, 平野ら 1973) が本実験でもこの傾向は認められ、窒素多肥により蛋白は増加した。このように多窒素により米の蛋白含有率は増加するが、その場合、品質や食味の低下をまね

Table 5. Grain yield and protein contents of "No.217" and "Kinmaze" which were treated to have same sink and source size (Exp.3 1971)

(a) Treated Plot

Pot No.	Grain yield ¹⁾		Protein % ²⁾	
	No. 217	Kinmaze	No. 217	Kinmaze
17	1.8	2.0	9.70	9.04
18	1.7	1.7	10.06	9.16
19	2.6	2.4	9.04	8.81
20	3.0	2.7	9.46	9.04
21	2.2	2.7	9.28	9.16
22	0.9	1.9	8.98	9.64
23	2.1	0.7	10.06	9.70
24	2.0	1.6	9.88	9.58
Mean	2.0	1.9	9.58	9.28
217 ³⁾ -Kin.	0.1		0.30	

(b) Control

Pot No.	Grain yield ¹⁾		Protein % ²⁾	
	No. 217	Kinmaze	No. 217	Kinmaze
25	6.5	11.6	8.45	6.43
26	10.0	13.4	8.21	6.90
27	8.4	18.4	7.56	6.31
28	3.5	11.1	8.69	7.32
29	1.1	12.5	9.52	5.95
30	3.0	15.1	8.63	7.02
31	5.6	3.7	8.81	6.96
32	1.7	3.8	7.68	7.02
Mean	5.0	11.2	8.45	6.72
217 ³⁾ -Kin.	-6.2**		1.73**	

Note; The signs are the same as in Table 4.

く恐れも多分にある。しかし品種の面からみれば、本実験に供試したような日本水稻品種の範囲内では玄米の見かけの品質と蛋白含有率の間に相関々係はみられず (Fig. 4) むしろ高蛋白のハウネンワセなどは低蛋白のフジミノリなどより良質、美味と言えよう。

本実験では低蛋白の品種ほど窒素多肥による蛋白の増加が大きい傾向がみられた (Fig. 2)。しかし標肥と多肥で品種の順位が大きく逆転するようなことはなく、従つて実用的な施肥量の範囲内では蛋白のスクリーニングにおいて施肥量をとくに問題にする必要はないように思われる。

また精白により蛋白含有率は減少するが、白米と玄米の蛋白含有率の間には高い正の相関が存在する (Fig. 1) ので精白歩合に大差がない限り、蛋白のスクリーニングは玄米だけでよいものと考えられる。

玄米蛋白含有率と諸形質の関係

早生種の登熟期間は晩生種より高温に経過するから土壌中の有機態窒素の無機化量は相対的に多く、早生種は中晩生種より高蛋白になりやすいと考えられる (田中 1969)。本庄 (1971 a) は早生種や出穂時高温のものが高蛋白であるとしており、そのほかにも早生種ほど高蛋白であるとしている例はみられる (木戸ら, 1965, 平野ら 1973, HILLERISLAMBERS *et al.* 1973)。しかし本実験の範囲内では玄米蛋白含有率と出穂期の関係はとくに認められなかつた。これは早生種の中にもフジミノリのように比較的低蛋白のものが含まれ、晩生種の中に No. 217 のような高蛋白系統が含まれているなど、品種の影響がとくに大きかつたためと考えられる。

本実験に供試した日本水稻品種群内では、玄米蛋白含有率と品質の間には特別な関係は認められず、従つてこの範囲内での高蛋白品種育成にあつて品質が問題になることはないであろう。

千粒重と玄米蛋白含有率の間には負の相関が認められている例は多い (谷 1954, 木戸ら 1968, TANAKA *et al.* 1970, 平ら 1972, HILLERISLAMBERS *et al.* 1973 など)。本実験でもこの傾向は認められる。これは小粒と低収が結びついている場合が多かつたり、あるいは小粒種は相対的に糖層が多いため玄米に関しては高蛋白になりやすいからであろう。しかしフクニシキに限つては比較的大粒で高蛋白であつた。

収量と玄米蛋白含有率の間には負の相関が認められた (Fig. 3) がこのことは水稻のほか大豆、インゲン、トウモロコシ、小麦などでも一般的に認められている。また栄養生理の研究面からも同様な現象が認められる。すなわち水稻で窒素施与量を一定にしておき、リン酸 (石塚ら 1963)、カリ (松坂ら 1962)、ケイ酸 (奥田ら 1961) などの施与量を変え (欠乏、過剰)、あるいは干ばつ条件 (坂上ら 1968) や塩類による塩害条件 (下瀬 1963) を与え生育障害を起させ収量を種々の段階に変えた場合も玄米 (粳) 収量と玄米 (粳) の窒素 (蛋白) 含有率は負の相関を示す。このように品種の面からも栄養生理の面からも収量と蛋白含有率の間には負の相関々係が認められるが、本実験におけるフクニシキとハウネンワセはこの現象から逸脱しており、高蛋白でありながら収量も低くない。

NELSON (1969) はトウモロコシにおいて1粒当り蛋白総量と関係なく蛋白含有率だけで高蛋白系統を選抜することは非蛋白物質の合成の少ない系統を選抜するにすぎないとしており、蛋白含有率と共に1粒当り (あるいは1株当り) 蛋白総量についても同時に選抜する必要がある

るとしている。ここではこの考え方を単位面積当り蛋白収量にまで拡大した方がより適切であろう。すなわち穂への蛋白と澱粉の集積の相対関係から蛋白含有率が決まるから、澱粉の集積は正常で蛋白の集積がとくに多ければ蛋白含有率は高くなり、また何らかの原因で澱粉の集積が著しく少なければ蛋白の集積は多くなくても蛋白含有率は高くなる。前者は単位面積当り蛋白収量も多くなり後者は多くはならない。本実験の場合、フクニシキ、ハウネンワセは前者に、No. 217 は後者に属すると考えられる。そして育種場面で選抜の対象とすべき高蛋白品種とは前者のようなものであろう。ただし蛋白収量は多いが含有率の低い品種（本実験の場合日本晴）を高蛋白品種とするのは適切でないと思われる。このように収量と蛋白含有率の逆相関々係は高蛋白品種育成上とくに留意すべき点と考えられる。

玄米蛋白含有率の品種間差異の原因

蛋白含有率の品種間差異が生ずる原因としてはA) 穂への蛋白集積能力そのものの遺伝的変異に基づく差、B) 収量に直接影響を及ぼすような草状の変異に伴う栄養生理的な面を通して二次的に現われる差、C) 早晚生に伴う環境条件の差を通して現われる差などが考えられる。そして育種の対象としてはこの場合A) の遺伝的変異のみが有効である。

実験3においてフクニシキはフジミノリより蛋白含有率は高く、収量は差がないことが認められた。また熟期も両品種ほぼ同一であるから、フクニシキの蛋白含有率が高い原因は主としてA) の穂への蛋白集積能力が遺伝的に高いためと推察される。

高蛋白突然変異系統 No. 217 とこれと同熟期で低蛋白の金南風の sink, source のサイズを揃え収量を等しくした場合、金南風の蛋白含有率は高まり、両品種ほぼ同一になった。このことを逆にみれば、No. 217 は普通の品種に比し sink サイズが著しく小さく低収であるが、これが普通の品種と同一であつたと仮定した場合、その蛋白含有率がなお高いかどうかは疑問であり、No. 217 の蛋白含有率が高い原因は sink サイズが著しく小さいため、すなわちB) の収量に影響を及ぼすような草状変異に伴う二次的変異による可能性が強いと考えられる。

LELEH *et al.* (1972) もインゲンにおいて sink サイズが小さく低収であるために蛋白含有率が高くなるものがあることを想定している。木戸ら (1968) は水稻の下部枝梗除去により玄米の蛋白含有率は増加することを認めており、VERGARA *et al.* (1970) は出穂時にシマジン処理を行えば玄米の蛋白含有率は増加するが不稔発生のた

め収量は減少するとしている。そのほか放射線照射などにより稔性障害を生じた場合も高蛋白になるとされている。これらの現象はいずれも同化産物（澱粉）の転流、集積に有効な sink サイズが制限された結果と考えられる。

このように source の割に sink サイズが制限されると玄米蛋白含有率は高まる。これは水稻の穂では澱粉より先に蛋白が集積し、sink サイズが著しく小さいと先に転流するアミノ酸（蛋白）は自由に集積するが、登熟後半になつて転流の主力がシュクロース（澱粉）になつた時にはすでにスペースがなくなり、生産された澱粉は集積しきれず、相対的に蛋白が高くなるためと考えられる。

草状変異に伴ない玄米蛋白含有率が二次的に高くなる例としてはさらに次のような場合が考えられる。すなわち前述の例とは逆に、sink の割に source サイズが著しく小さく登熟阻害を起し、くず米が増加するような場合や、生育量が著しく小さく、窒素施与量が一定でも生育量の大きい品種に比べ相対的に多窒素条件におかれたのと同じになつた場合などである。

いずれにしてもこれらの現象は異常な草状の時に低収と結びついて現われるものと考えられる。

摘 要

1) 米の蛋白含有率に関して我国の栽培品種の間にも品種間差異が存在し、フクニシキ、ハウネンワセなどが高く金南風などは低い。

2) 窒素多肥によつて蛋白含有率は増加し、その増加程度は品種により若干の差はあるが、実用的な施肥量の範囲内では品種順位に大きな逆転はないものと考えられる。

3) 玄米を精白することにより蛋白含有率は低下するが、玄米と白米の蛋白含有率の間には高い正の相関が認められた。

4) 玄米蛋白含有率と出穂期の間には本実験の範囲内では有意な相関は認められなかつた。

5) 玄米蛋白含有率と品質の間には品種の面からは特別な関係は認められなかつた。また蛋白含有率と千粒重の間には負の相関がみられたが、フクニシキのように大粒で高蛋白の品種も存在する。

6) 玄米蛋白含有率と収量の間には負の相関々係が認められた。その原因としては収量に直接影響を及ぼすような草状変異に伴ない二次的に高蛋白になるものがあるためと考えられる。しかし、フクニシキ、ハウネンワセは高蛋白で収量も低くない。

7) 蛋白含有率の高い品種の高蛋白性が、遺伝的能力によるものか、草状変異に伴う二次的現象にすぎないかについて検討した結果、フクニシキがフジミノリに比べ高蛋白であるのは穂への蛋白集積能力が遺伝的に高いためと推察された。他方、高蛋白突然変異系統 No.217 が高蛋白であるのは sink サイズが著しく小さく低収であるため、すなわち草状変異に伴う二次的変異による可能性が強いと考えられる。

謝 辞 本研究は農林省の別枠研究として行われたもので北海道農試、東北農試、農業技術研究所、同放射線育種場、食品総合研究所、九州農試との連絡試験のうち、当農事試験場における試験成績の一部である。試験成績打合せ会議の席上、関係各位からご意見、ご助言をいただいた。また放射線育種場田中幸彦博士から材料の提供とご指導をいただき、前作物部長(現四国農試場長)坪井八十二博士からも激励とご指導をいただいた。さらに本研究の実施にあたり当作物第1研究室員諸氏のご協力をいただいた。ここに記してこれらの方々に深甚の謝意を表する。

引用文献

- HILLERISLAMBERS, D., J.N. RUTGER, C.O. QUALSET and W. J. WISER 1973. Genetic and environmental variation in protein content of rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica* 22: 264~273.
- 平野哲也・堀末 登 1973. 水陸稲品種玄米蛋白含量の施肥による変動. 育種 23 別 2: 140~141.
- 本庄一雄 1971a. 米のタンパク質含有量に関する研究 第1報 タンパク質含有率の品種間差異ならびにタンパク質含有率に及ぼす気象環境. 日作紀 40: 183~189.
- 1971b. 米のタンパク質含有量に関する研究 第2報 施肥条件のちがいが玄米の蛋白質含有率およびタンパク質総量に及ぼす影響. 日作紀 40: 190~196.
- 石塚喜明・田中 明 共著 1963. 水稻の栄養生理. 養賢堂, 東京. p. 141.
- 片岡勝美 1973. 米粒の化学的品質に関する研究 V. Ethyleneimine 処理による高蛋白米変異の選抜について. 育種 23: 125~130.
- 木戸三夫・梁取昭三 1965. 米粒蛋白質集積過程の組織学的研究. 日作紀 34: 204~209.
- 1968. 栽培条件が米質, 特に米粒の蛋白含有量に及ぼす影響に関する研究. 日作紀 37: 32~36.
- LELEJI, O.I., M.H. DICKSON, L.V. CROWDER and J.B. BOURKE 1972. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. *Crop science* 12: 168~171.
- LENG, E.R. 1961. Predicted and actual responses during long-term selection for chemical composition in maize. *Euphytica* 10: 368~378.
- 松坂泰明・白井昭登・今泉吉郎 1962. 水稻のカリ欠乏に関する研究(第3報)カリ欠乏水稻の養分吸収および代謝の異常性について(その2). 土肥誌 33: 173~176.
- MERTZ, E.T., L.S. BATES and O.E. NELSON 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145: 279~280.
- NELSON, O.E. 1969. The modification by mutation of protein quality in maize. New approaches to breeding for improved plant protein. IAEA, FAO, Vienna. p. 41~54.
- , E.T. MERTZ and L.S. BATES 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science* 150: 1469~1470.
- 奥田 東・高橋英一 1961. 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について(第3報)ケイ酸の供給量が水稻の生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 土肥誌 32: 533~537.
- 尾崎 清 1949. 水稻の窒素代謝に関する研究 I 出穂開始期以後の窒素の供給が玄米の蛋白質の種類及その含量に及ぼす影響について(その二). 土肥誌 20: 36~38.
- ・森山真明 1953. 水稻の窒素代謝に関する研究 I 出穂開始期以後の窒素の供給が米の品質に及ぼす影響について(その3). 土肥誌 23: 146~148.
- 坂上行雄・井口卓平 1968. 水稻の生育と養分吸収に及ぼす登熟期干ばつの影響, 作物の干ばつと養分吸収に関する研究(第1報). 土肥誌 39: 171~175.
- 瀬古秀文 1973. スウェーデンにおける高リジン大麦育種. 育種 23: 212~213.
- 下瀬 昇 1963. 作物の塩害生理に関する研究(第1報)塩化ナトリウム, 硫酸ナトリウムの等浸透圧溶液が水稻生育および無機成分吸収におよぼす影響. 土肥誌 34: 107~110.
- 平 和宏・星川清親・平 春枝 1972. 矮性水稻玄米のタンパク質含量. 日作紀 41: 155~159.
- ・松島省三・松崎昭夫 1970. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究 第92報 窒素施肥による米の蛋白質の収量およびその栄養価増大の可能性の栽培試験. 日作紀 39: 33~40.
- ・平 春枝 1971. 水稻うるち玄米のタンパク質含量. 日作紀 40: 21~26.
- 田中幸彦 1969. 玄米蛋白含有率に関する突然変異について. 育種 19 別 2: 83~84.
- TANAKA, S. and S. TAMURA 1968. A short report on gamma ray induced rice mutants having high protein content. *J.A.R.Q.* 3: 1~4.
- and Y. TAKAGI 1970. Protein content of rice mutants. Improving plant protein by nuclear techniques. IAEA, FAO, Vienna. p. 55~61.
- 谷 達雄 1954. 米麦の検査における品質指標(第1報)玄米の品質指標について. 食研報 9: 245~249.
- VERGARA, B.S., M. MILLER and E. AVELINO 1970. Effect of simazine on protein content of rice grain (*Oryza sativa* L.). *Agon. Jour.* 62: 269~272.
- WOODWORTH, C.M., E.R. LENG and R.W. JUGENHEIMER 1952. Fifty generations of selection for protein and oil in corn. *Agron. Jour.* 44: 60~65.

Summary

Protein content of brown rice of various rice varieties and its relations to agronomic traits were investigated. Statistically significant differences in the protein content of brown rice were observed among cultivars in Japan. The content of protein was approximately 10% higher in brown rice than in polished rice.

The protein content was increased by the heavy application of nitrogen. Protein content was negatively correlated with the grain yield as well as with the 1000 grain weight, but not correlated with the days to heading and the visual grain quality. A few exceptional cases, however, were observed. For one instance, the two cultivars in the northern part of Japan, "Fukunishiki" and "Fujiminori", do not differ in their grain yield and heading times, but the former variety contained much more protein than the latter one. For another instance, "Fukunishiki" and one of the leading varieties in the Japan Sea side area "Honenwase" were both relatively high yielding and were top-ranking in the content of protein.

An experiment was conducted in order to probe the negative correlation observed between the protein content and the grain yield. "Kinmaze" is one of high yielding varieties in the central Japan. It contained much less protein than a high protein mutant No.217, which bore a small number of grains and was low yielding. The spikelets of "Kinmaze" were clipped to make its sink size equivalent to that of the mutant strain. Then the protein content of the high yielding variety was successfully increased up to the same level as the high protein strain, however, yield was reduced.

The reasons for the negative correlation between the above two characters were discussed with reference to the sink and source theory of the carbohydrate and protein accumulation.

T. HIGASHI

K. KUSHIBUCHI

Central Agricultural Experiment Station, Konosu
R. Ito

Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo