

北海道水稲品種の理化学的食味 形質についての育種的一考察

佐々木忠雄* 長内俊一*
稲津 脩* 江部康成*

Physicochemical Characteristics and Tastes
of Rice Varieties in Hokkaido

Tadao SASAKI*, Shun-Ichi OSANAI*,
Osamu INATSU* and Yasunari EBE*

米質とくに食味に関する理化学的形質の遺伝的統計量を知り、良質品種育成の基礎資料とするため、北海道の新旧52品種系統について、2ヵ年、生育収量・品質・食味等に関する20形質を調査した。すべての形質に品種系統間差異が有意に認められ、食味形質の遺伝力は収量・検査等級・蛋白含量程度で、比較的高く推定された。アミログラム・テクスチュログラムおよびでん粉のブルーバリューの形質相互間では、粘着性との関係のみが弱く、他の関係はいずれも高かったが千粒重に大きく影響された。実用形質と食味形質との関係では出穂期・千粒重の影響する部分が多かった。これらの関係を総合的に判断して、品質育種における対象形質ならびに選抜の手順を想定した。早生・良質、多収・良質以上に早生・多収の結びつけは容易でないが、段階的に進める過程で同時に良質化しうることが暗示された。

緒 言

米の品質は一次的品質と二次的品質に分けられ、一次的品質は種実として備わるべき基本的形質で、おおむね検査規格によって代表される。二次的品質は搗精歩留・食味・貯蔵性等で、とくに食味が重要である。

電気自動炊飯器の出現や、食味試験における官能検査法の確立に基づいて、食味の良否を理化学的測定により判定する研究が著しく発展し³⁾¹²⁾¹³⁾、この方法の道産米に対する適用は、近年著者等

の1人稲津等¹¹⁾と南等¹⁴⁾によって始められた。

食味は品種・気象・土壌・栽培・管理の諸条件によって影響されるが、正常な環境下で栽培された場合品種が最も重要な要素となる⁸⁾。しかし、多数の育成系統に対する選抜は依然外見品質が対象とされ、ごく最近、炊飯米の光沢による食味選抜が提唱されているにすぎない⁴⁾。

本報は北海道の新旧52品種系統について、米質とくに食味に関する理化学的特性を解析するとともに、これらの情報を遺伝的統計量として把握し、食味形質相互の関係ならびに実用形質との関係を検討し、良質品種育成のための基礎的知見をえようとした。

試験遂行にあたり品質検定器機の使用に便宜と協力をいただいた北見農業試験場尾関幸男小麦科長ならびに小麦科研究職員各位に謝意を表するとともに、北海道産米改良協会連合会と空知地区産

1977年5月30日受理

* 本報は日本育種学会第50回講演会（1976年9月）で発表した。

** 北海道立中央農業試験場稲作部（岩見沢市上幌向）

米改良協会のご後援に対し厚くお礼申しあげる。

試験方法

1. 供試材料

中央農試稲作部の品種保存の中から、道内の新旧品種32, 府県品種との交雑に由来する育成系統20を選び、合計52品種系統を2ヵ年、当部沖積土水田(下層泥炭グライ低地土)において標準耕種法により栽培した。1974年は1区5.0m²反復なし、1975年は1区3.3m²2反復である。生育収量は「水稻試験調査基準」によったが、玄米の検査等級は農林省北海道食糧事務所岩見沢支所の判定によった。

2. 分析方法の概要

(1) 水分・灰分含量・粗蛋白含量

小麦品質検定方法¹⁶⁾によったが灰分は玄米、粗蛋白含量は約90%の精白米を用い乾物%に換算し、蛋白係数は5.95とした。

(2) アミログラム特性

米粉40g(乾物重)を水450mlに懸濁し、Brabender Amylograph AC-8を用いて最高粘度(MV), プレークゲウン(BD)を測定した。

(3) テクスチュログラム特性

General Foods Texturograph GTY-2型を用いて¹⁷⁾、著者等の方法¹⁸⁾の条件でH(米飯の硬さ: Hardness), H₋₁(米飯の粘着性: Adhesiveness)を測定した。ただし1試料につき飯粒3粒を5回測定し、1回の炊飯には必ず標準品種「農林20号」を供試し、2回反復の平均値で「農林20号」に対する百分比を求めた。

(4) Blue value (BV)

稲津等⁷⁾の方法による。すなわち、精白米を0.2% NaOHに浸漬後水洗し、ホモゲナイザーで乳化後、100 mesh篩を通過させエタノールで脱水した。乾燥させたでん粉をNaOHで溶解し、90°Cで30分間糊化分解後よう素で着色、吸光度を測定した。

試験結果および考察

1. 品種間差異

年次と品種の分散分析の結果、品種間には測定された20形質のすべてに有意性が認められた。年次間では穂長、1穂粒重、BD、およびH/H₋₁の4形質に有意性が認められなかった。

兩年とも出穂期は平年より2~3日早く、'74年は'75年より1日程度早かった。'74年は穂数多く、登熟順調で高収量であったが、'75年は7月の日照不足と'61年以来の9月の高温により穂数少なく、千粒重が小さかったため、'74年に比べかなり低収であった。

現在奨励されている品種を新品種群、元優良品種を旧品種群として、これらの品質・食味関連形質の2ヵ年平均値を示したのがTable 1である。

新品種群は旧品種群に比べ出穂期は2日遅く、短稈で穂数多く多収で、検査等級は向上を示し、明らかに低灰分・低蛋白ではあるがMV, BD, H, H₋₁, H/H₋₁ならびにBVの差は認められなかった。

これら食味6形質について「農林20号」を対象品種として、新品種群の平均値を比べると、BDが有意に低く、テクスチャーは硬く、粘着性が劣り、BVが高いので高アミロースであることが伺われる。

新品種群の個々の品種について、食味6形質を「農林20号」と比べると、「しおかき」・「そらち」は有意差を示さなかった。同様に旧品種群で有意差のないのは「北海95号」のみである。育成系統のなかでは「北海190号」・「空育82号」・「37B62」・「渡育147号」および「空育99号」が「農林20号」と有意差を示さなかった。

「農林20号」は早生・高灰分・高蛋白であり、「巴まきり」は晩生・低灰分・低蛋白である。粘着性とともに最高を示すが、アミログラム特性は「農林20号」に比べ「巴まきり」は著しく劣り、BVも有意に高く、きわめて対照的である。

2. 変異係数と遺伝力

Table 2から各形質の変異係数を比較すると、2ヵ年ともに最高は穂揃日数(20.1~24.3%), 最低は l 重(0.7~0.8%)であった。品質関係では検査等級が最も大きく穂数なみで収量を上回った。収量なみに比較的大きいのはBDとH/H₋₁であり、ついで白米粗蛋白含量(以下蛋白と記す)・H₋₁が出穂期なみであった。玄米灰分含量(以下灰分と記す)・MV・Hは千粒重なみで小さい部類に入り、BVはさらに小さかった。これらを整理すると検査等級・穂数>BD・収量>H/H₋₁>出穂期・蛋白・H₋₁>千粒重・灰分・MV・H>BV・ l 重となる。

Table 1. Quality characters of new and old recommended rice varieties in Hokkaido,

	Reco- mmended year	Grade	Brown rice ash %	Milled rice pro- tein %	Amylogram		Texturogram			Blue value x10 ³
					MV BU	BD BU	H %	H- ₁ %	H/ H- ₁ %	
New varieties										
Tomoemasari		5.0	1.57	7.4	411	149	98	101	97	381
Yukara	1962	3.4	1.71	7.7	434	135	110	87	127	384
Shiokari	1963	4.0	1.77	8.4	465	155	98	95	104	354
Horyu	1964	4.2	1.63	7.9	457	135	106	97	110	372
Uryu	1965	3.9	1.76	8.6	446	144	103	97	106	357
Himehonami	1966	4.5	1.68	7.5	446	133	103	86	120	364
Sorachi	1967	5.0	1.65	7.8	478	162	106	96	111	358
Matsumae	1970	3.5	1.57	7.5	400	127	116	93	125	385
Ishikari	1971	4.5	1.67	8.0	459	130	111	88	127	381
Yunami	1971	4.5	1.65	7.9	448	144	111	83	135	377
Sachiho	1974	3.5	1.76	8.2	415	130	111	90	124	370
Mean		4.2	1.57	7.9	442	140	107	92	117	371
Old varieties										
Akage	1905	6.0	1.84	9.0	458	138	106	77	142	368
Bozu	1919	6.0	1.88	9.9	441	138	108	75	146	362
Bozu No. 5	1919	6.0	1.90	10.1	428	143	111	84	134	362
Fukoku	1935	6.0	1.85	8.7	445	151	113	88	129	376
Ishikari-shiroke	1941	4.7	1.83	9.6	431	133	111	86	130	361
Norin No. 20	1941	4.4	1.87	9.5	463	177	101	101	100	350
Eiko	1942	3.9	1.70	8.8	435	142	107	95	113	362
Kyowa	1942	3.9	1.77	9.2	430	125	101	89	114	350
Norin No. 34	1948	4.9	1.89	9.2	440	150	113	86	133	364
Hokkai No. 95	1951	4.0	1.86	8.7	476	181	95	94	102	344
Shin-ei	1951	4.3	1.70	8.0	466	162	112	101	111	373
Nan-ei	1951	4.9	1.63	8.3	428	146	108	101	107	375
Terunishiki	1955	4.4	1.69	7.7	476	178	99	89	111	375
Toyohikari	1953	4.5	1.66	7.7	459	163	106	85	126	369
Shinsetsu	1954	3.9	1.69	7.9	434	133	107	91	118	369
Mimasari	1959	5.0	1.72	8.6	449	144	114	83	137	372
Iwakogane	1960	4.9	1.60	7.3	480	177	108	95	114	370
Sasahonami	1961	4.9	1.65	8.4	452	162	104	94	112	367
Michihikari	1961	4.0	1.68	7.6	451	157	106	86	123	376
Hokusetsu	1966	3.9	1.71	8.1	422	124	110	90	123	379
Hayayuki	1968	6.0	1.96	9.5	432	137	110	83	134	367
Mean		4.8	1.77	8.6	447	151	107	89	122	369
Hokkai No. 190		5.0	1.82	8.4	474	169	104	97	108	351
Hokkai No. 228		4.2	1.77	8.4	426	155	104	97	107	356
Kuiku No. 82		5.3	1.65	8.0	450	164	100	93	108	358
37 B 62		4.5	1.79	8.3	443	146	103	93	112	354
41 B 63		5.2	1.74	7.2	499	182	107	95	113	350
Toiku No. 147		4.5	1.65	7.8	468	163	105	91	116	364
Kuiku No. 99		4.5	1.70	7.7	502	169	101	95	107	354
Mean of 52 varieties		4.6	1.71	8.3	450	150	106	90	119	365
l. s. d. 5%		1.0	0.10	1.1	38	33	6	11	17	16
l. s. d. 1%		1.3	0.13	1.5	50	44	8	14	23	21

Table 2. Coefficients of variation and heritability of every characters.

		c. v. (%)		Heritability (%)	
		1974	1975	h^2	r
Heading date		8.9	8.8	93	93
Full heading days		20.1	24.3	47	47
Culm length	cm	9.5	11.0	81	83
Ear length	cm	8.4	7.5	78	79
Number of ear per hill		18.1	13.7	59	62
Culm weight	kg/a	11.7	9.9	40	41
Brown rice yield	kg/a	13.1	10.8	58	62
Kernel weight per ear	g	15.4	11.1	47	77
Unhulled rice/Culm	%	9.0	12.3	75	76
Test weight	g/l	0.8	0.7	42	42
1,000 kernels weight	g	4.8	5.9	87	88
Grade		18.5	14.4	50	55
Brown rice ash	%	6.8	4.8	72	74
Milled rice protein	%	10.1	6.9	41	42
Amylogram					
Maximum viscosity (MV)	B. U.	6.0	5.2	55	56
Break down (BD)	B. U.	15.0	11.6	35	36
Texturogram					
Hardness (H)	%	4.9	4.7	63	63
Adhessiveness (H ₋₁)	%	9.1	6.9	45	45
H/H ₋₁ %	%	12.2	9.1	54	55
Blue value (BV)	x10 ³	3.3	2.9	57	57

$$h^2 = \sigma^2 g / \sigma^2 + \sigma g y$$

$\sigma^2 g$, genetic variance of varieties

$\sigma g y$, interactive variance between varieties and years

$$r = W'74 \cdot '75 / \sqrt{V'74 \cdot V'75}$$

分散分析による遺伝力 (h^2) と年次間相関係数 (r) はほとんどよく一致した。また品種間差異が有意であったため各形質とも遺伝力は高く推定された。実用形質の遺伝力は出穂期が約90%と最も高く、ついで稈長・穂長・千粒重が約80%であり、食味形質はこれらには及ばなかった。アミログラムではMVがBDより高く、テクスチュログラムは、HがH₋₁よりはるかに高く、H/H₋₁はその中間であった。H₋₁はほぼ蛋白なみであるがBDは最も低かった。灰分は約70%で高い値を示し遺伝的要素が強く、BVは収量なみであった。遺伝力の順位を整理すると、

千粒重 > 灰分・もみ/わら > H > 収量・

BV・MV・H/H₋₁・検査等級 > H₋₁・

l重・蛋白 > BD

となる。したがって、食味関連形質の遺伝力はお

おむね収量・検査等級および蛋白含量程度と考えられる。しかし比較的変異の大きいBDの遺伝力が小さく、変異の小さいBVの遺伝力が比較的高い等の矛盾がみられる。

3. 食味形質相互の関係

2ヵ年の共分散分析により各形質の表現型相関と遺伝相関を推定した。このうち食味6形質相互の関係をTable3に示した。全体的に表現型相関は遺伝相関よりかなり低かった。

Table 3. Phenotypic and genetic correlations (%) among characters of eating quality.

r_p	Amylogram			Texturogram		BV
	MV	BD	H	H ₋₁	H/H ₋₁	
MV		49***	-5	10	-12	-1
BD	78		-31**	7	-21*	-26**
H	35	-48		-10	57***	42***
H ₋₁	15	49	-34		-86***	1
H/H ₋₁	-28	-59	74	-88		19
BV	-73	-83	59	-4	33	

アミログラムのMVとBDはきわめて密接な関係を示したが、テクスチュログラムのHとH₋₁の間にはそれほど強い関係は認められなかった。H₋₁に対してはMVよりBDの方が遺伝的關係が強かった。またBVに対してもBDが密接であった。H₋₁とMVおよびH₋₁とBVの間では表現型的にも遺伝的にも関係が弱かった。

食味形質にはまた多くの実用形質とも高い遺伝相関が認められたので、Table3の關係について実用形質を第3の変数として遺伝偏相関を推定した。つまり食味6形質相互の關係に実用形質がどの程度の影響を与えているかをみようとした。その結果、実用形質とは独立に密接な關係が認められたものは次のようであった。

MV : BD・BV

BD : BV・H₋₁・H/H₋₁

H : H₋₁・H/H₋₁

H₋₁ : H/H₋₁

実用形質によって影響をうける食味形質相互の關係をTable4に示した。これらの關係には千粒重が大きく関与していることが認められる。

Table3とTable4から遺伝的には次の關係があ

Table 4. Relations among characters of eating quality affected by agronomic characters.

Variable 1	Variable 2	Variable 3	r_G 13 %	r_G 23 %	r_G 12.3 %
MV	H	1,000 kernels weight	-46	90	17
BD	"	"	-52	90	-3
BV	"	"	74	90	-26
MV	H/H ₋₁	Culm weight	-34	39	-17
MV	"	1,000 kernels weight	-46	42	-11
BV	"	Culm weight	52	39	16
BV	"	1,000 kernels weight	74	42	3

ると考えられた。

- ① アミログラムのMVが高いものはBDが大きく、BVは小さい。
- ② テクスチュログラムのHの大きいものはH₋₁が小さく、したがってH/H₋₁は大きい。
- ③ MVが高いもの、BDが大きいものおよびBVの小さなものは千粒重が軽く、したがってH、H/H₋₁が小さい。

④ BDが大きいものはH₋₁が大きい。

4. 食味形質と実用形質との関係

食味6形質と実用形質の間には密接な関係を示すものが多く、それら相互の関係はまた第3の実用形質によって影響される。これらの関係をみたのがTable 5であり、ここに示された変数1, 2, 3の各形質相互の遺伝相関はいずれも高いものばかりである。

Table 5から、稈重とBVの遺伝相関は高いが、

Table 5. Genetic and genetic partial correlations (%) between agronomic characters and eating quality ones.

Variable 1	Variable 2	r_G 12	Heading date	Culm weight	r_G 12.3 in Variable 3	Grain yield	1,000 kernels weight	Ash	Protein
Culm weight	BV	50	29						
Grain yield	"	29	7	14			16	-4	15
1,000 Kernels weight	"	74	66	63		72			
Ash	"	-37	-16	-2		-24	-21		
Protein	"	-26	17	-7		6	-5	20	
Culm weight	MV	-34	2						
1,000 kernels weight	"	-46	-31						
1,000 kernels weight	BD	-52	-47						
Protein	"	-28	-76				-54		
Culm weight	H	48	42				-20		
1,000 kernels weight	"	90	91	87					
Grain yield	H ₋₁	25	13					3	
Ash	"	-28	-16			-13			
Protein	"	-43	-35			-38			
1,000 kernels weight	H/H ₋₁	42		28					
Protein	"	27		97			46		
Unhulled rice/Culm	"	-45		-35					

同一出穂期での遺伝的關係は弱くなる。収量とBVの遺伝相関は余り高くはないが、出穂期・稈重・千粒重・灰分および蛋白の同一水準でみれば殆んど無視されてよい関係となる。しかし千粒重とBVの遺伝相関は、出穂期・稈重・収量の同

一水準の場合にも高い関係が認められる。同様にして各形質相互の関係を検討すると、第3の形質に影響されずに食味形質と遺伝的關係の認められるのは次の形質であった。

稈 重 : BV

千粒重: $MV \cdot BD \cdot H \cdot H/H_{-1} \cdot BV$

蛋 白: $BD \cdot H_{-1} \cdot H/H_{-1}$

もみ/わら: H/H_{-1}

これらのことから次のような傾向が指摘された。

- ① 稈重の重いものは比較的 BV が高い。
- ② 千粒重は食味形質相互の関係に大きな影響を及ぼすばかりでなく (Table 4), 千粒重そのものが食味形質と強い遺伝的関係にある。
- ③ 低蛋白のものは $BD \cdot H_{-1}$ が大きく, H/H_{-1} が小さい。
- ④ もみ/わらの大きいものは H/H_{-1} が小さい。

論 議

1. 対象形質

測定した20形質のうち, 品質育種上重要な意味をもつ形質について, とくに実用形質との関係から総合的に考察する。

(1) 出穂期

出穂期は多くの食味形質と実用形質の関係に強い影響を及ぼした (Table 5)。出穂期と密接な関係をもつ形質が多いためである。表現型相関と遺伝相関係数を示すと, 稈重 (0.50***, 0.80), 収量 (0.23*, 0.52), 千粒重 (0.25*, 0.51), 検査等級 (-0.39***, -0.51), 灰分 (-0.21*, -0.36), 蛋白 (-0.21*, -0.55), MV (-0.10, -0.44), BD (-0.17, -0.25), H (0.31**, 0.30), H_{-1} (0.30**, 0.28), BV (0.36**, 0.46) となり, 出穂期の遅いものほど多収, 大粒となるが検査等級が下り, 灰分・蛋白は低くなるがアミログラムの特性が劣り, BV が高くなる。テクスチュログラムの H と H_{-1} とは逆の傾向を示すので, テクスチャーとの関係は一定しないとみるべきだろう。

コイトロンを用いた稲津等¹⁰⁾の実験では, 低温下で登熟させるとアミロース含量が高まり, とくに登熟前半の低温に強く支配された。1974年と1975年の出穂期との相関係数を比べると, MV (-0.45**, -0.21), BD (-0.45**, 0), H (0.16, 0.24), H_{-1} (0.35*, 0.09), BV (0.43**, 0.25) となり, 1975年のように登熟気温とくに前半が高いと, 出穂期の早晩は食味形質に対し関係を示さなくなる。しかし, 収量・検査等級・灰分・蛋白に対しては両年とも同程度に高い有意性を示す。

したがって, 品質・食味に対しては栽培上の安全出穂限界よりやや早い方が安定有利となるが,

早生・多収の負の関係がより問題である。

(2) 千粒重

千粒重に関係する形質の表現型相関および遺伝相関係数を示すと, 稈重 (0.38***, 0.61), 収量 (0.43***, 0.25), 灰分 (-0.49***, -0.32), 蛋白 (-0.41***, -0.31), MV (-0.58***, -0.46), BD (-0.23*, -0.52), H (0.44**, 0.90), H/H_{-1} (0.29**, 0.42), BV (0.22*, 0.74) となり, 食味形質との関係が強い。しかし, H_{-1} とは無関係である (-0.07, 0.07)。このため食味形質相互の関係にも千粒重が大きく影響した。Table 4によれば, H と関係の強い MV, BD, BV あるいは H/H_{-1} と関係の強い MV, BD 等はすべて千粒重に依存する部分が多かった。このことは, 千粒重と H の関係がきわめて強いことに基づくが, テクロチュロクラフの測定に3粒法を用いたことが直接の原因ではないかと考えられる。しかし, 上記のように, 千粒重に対するアミログラムの MV・BD, あるいは BV との関係は, 他の形質の影響なしに密接である。したがって, 小粒ほどアミログラムの特性が良好で, アミロース含量は低いことになる。

(3) 検査等級

検査等級とこれに関係する形質の表現型相関および遺伝相関係数は, 稈重 (-0.16, -0.29), 収量 (-0.13, -0.38), 千粒重 (-0.29**, -0.66), 灰分 (0, 0.38), 蛋白 (0, 0.51), MV (0.06, 0.24), BD (0.21, 0.43), H_{-1} (0.27**, -0.29) となり, 外見品質ばかりでなく, 収量・灰分・蛋白および食味形質までかなりの関係が認められる。

(4) 蛋白・灰分

従来蛋白含量が多いと食味が劣るとされてきたが²¹⁾⁶⁾¹⁵⁾²⁰⁾, われわれも無視できない遺伝的関係のあることを知った。表現型相関と遺伝相関係数は BD (-0.22*, -0.28), H_{-1} (-0.03, -0.43), BV (-0.06, -0.26) となり, このうち BV は出穂期の影響を強くうけるが (Table 5), 高蛋白は H_{-1} の低下によって食味を悪くさせると考えられる。灰分は蛋白ときわめて密接であるが (0.75***, 0.91), H_{-1} に対しては蛋白ほどの関係はなく出穂期の影響が強い (Table 5)。しかし良食味とされている「農林20号」, 「北海95号」は早生・高蛋白・高灰分で H_{-1} が大きくアミロース含量が低い。

(5) アミログラム特性

遺伝力は MV が高く, H_{-1} との遺伝相関は BD

がまさる (Table 3)。ともに絶対値が低いから (Table 2), 新しい遺伝子を導入して MV を高めなければならない。前述のように MV は出穂期との遺伝相関が高いから (-0.44) 早生化にとって好都合である。さらに MV が高いばかりでなく登熟気温の低い場合にも MV が低下しにくいものの選抜が必要である。

1975年の場合, MV が500 B. U. 以上を示したものは8品種系統あった。しかし, 1974年, これらはいずれも 500 B. U. 以下で, 品種系統間にみられた両年の差は37~100 B. U. におよんだ。明らかに年次との交互作用が認められ, 「空育99号」が最高の MV を示し, かつ最も安定していた。

(6) テクスチュログラム特性

食味官能試験では外観・香り・味・粘り・硬さおよび総合が調査されるが, これらはあくまでも感触によるもので個人誤差が大きい。このうち粘りと硬さをテクスチュロメーターで測定した。この装置の米飯への適用は比較的新しく, テクスチャーを特徴づけるパラメーターも多い。

(7) ブルーバリュー (BV)

Juliano⁶⁾によれば, アミロース含量はでん粉の物理的性質以上に米飯固有の特性に関与し, 同じ蛋白含量でもアミロースの差が凝集性 (Cohesiveness)・柔軟性 (Tenderness)・光沢に主たる影響を及ぼし, でん粉粒の崩壊抵抗性の指標とされる。また同じアミロース含量ならば蛋白含量が食味に最も大きく影響するという。また倉沢¹³⁾は食味の総合スコアの大きな品種 (粘りがあり, 香味があり, 光沢のあるもの) のアミロース含量が小で, 総合スコアの小さな品種はアミロース含量が大きいとしている。稲津等⁸⁾も道内主要品種の品種間差異の顕著なことを認め, 産米改良の方向として低アミロース品種の重要性を指摘している。

簡便法としての BV は道内品種間の変異係数は小さかったが, かなり高い遺伝力 (57%) を示した。意外にも H_{-1} との関係は認められなかったが, BD, H, H/H_{-1} との関係は密接であった (Table 3)。蛋白との遺伝相関は比較的弱く (-0.26), 出穂期とは強いから (0.46), 早生ほどアミロース含量が小さいことになる。柴田・稲津 (未発表) は「農林20号」の2次選抜から「農林20号」よりさらに低アミロースの系統を得た。この材料を含めてさらに低アミロース遺伝子の導入をはかり, 積極的

な選抜が望ましいところである。

(8) 米飯の光沢

1975年産についてのみ光沢を観察し4段階で評価した。食味形質との相関係数は Table 6 のように, H_{-1} との相関が最も高く (0.488***), したがって H/H_{-1} との関係も高かった。すでに倉沢¹²⁾の指摘および, 藤巻・楠淵⁴⁾が食味評点との間に0.547**の相関係数をえていることと一致する。また灰分, 蛋白, 検査等級との間にそれぞれ5%水準で有意な相関が認められた。すなわち, 光沢のよいものは低灰分, 低蛋白で検査等級の良いことを示す。しかしアミログラム特性ならびに BV とはほとんど無関係であった。

Table 6. Correlation coefficients between gloss of cooked milled rice and characters of eating quality.

Characters	r
Ash	-0.296*
Protein	-0.340*
Grade	-0.278*
MV	-0.063
BD	0.192
H	-0.050
H_{-1}	0.488***
H/H_{-1}	-0.376**
BV	0.111

2. 今までの品質育種の特徴

新旧の優良品種群に分けると, 草型の政良と多収化 (113%) が顕著で, 灰分・蛋白の有意な低下がみられ, 検査等級は0.6等の向上を示した。 (Table 1)。従来品質に関しては外見品質に重点がおかれ, 食味試験も十分であったとは思われないが, 本実験の結果から検査等級がよいと, 灰分・蛋白が低くなり, また l 重は検査等級と粘性性に対し密接な関係を示した。また検査等級の遺伝力は比較的高いので, 外見品質による選抜が検査等級の向上をもたらしたばかりでなく, 食味形質にまで影響を及ぼし, このことが効果的であったと推定される。したがって今までの育種は食味形質に対し間接的に弱い進歩のもとで多収化が積極的に行なわれたと解される。

本実験から物理的に測定された米飯の粘性性が A 級と判定された品種系統と, 他の食味形質につ

いての特徴を示すと次のようである。

農林20号(農林1号/胆振早稲):高灰分,高蛋白,テクスチャー良好,低アミロース。

巴まさり(東北14号/北海87号):低灰分,低蛋白,低アミログラム,テクスチャー良好。

新栄(巴錦/農林20号):低蛋白,テクスチャーやや硬い。

南栄(巴錦/農林20号):低灰分,低アミログラム,テクスチャーやや硬い。

ほうりゅう(新栄/照錦):低灰分,低蛋白。

そらち(空育12号/みまさり):低蛋白,やや低アミロース。

北海190号(関東53号/2*栄光):やや低アミロース。

北海228号(コシヒカリ/北海190号):低アミログラム,やや低アミロース。

空育99号(ささほなみ/北海190号//共和):高アミログラム,やや低アミロース。

3. 想定される品質選抜の手順と育種目標

道産米は府県産米に比べ検査等級が低く,高蛋白で,アミログラムの最高粘度が低く,ブレイクダウンが小さく,アミロース含量が高く,冷えた時の米飯粒は硬くて粘らないとされる²⁾⁸⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁵⁾¹⁹⁾これらの欠点を同時に改良するためには,本実験程度の検定を,できるだけ早い世代からできるだけ多数の系統について行いたい,これは通常物理的に無理である。もちろん,玄米から米飯,あるいは米粉,米でん粉と段階をふむごとに食味特性の情報は豊富になるが,検定は逐次煩雑で時間を多く要するようになる。本実験の結果から現状で実行可能な品質選抜の手順を次のように想定した。

(1) 玄米

外見品質と千粒重を重視する。実際に個体選抜から行なわれているが,外見品質はもう一ランク選抜基準をあげる必要がある。このことは大きく収量を低下させる要因とはならない。千粒重は,大粒にすると食味形質を低下させる。しかし,小粒では流通,消費面の評価を低めるばかりでなく減収要因となりかねないので中粒にとどめる。

蛋白はBD, H_{-1} , BVに共通して負の遺伝相関がみられる(-0.28, -0.43, -0.26)。しかし,「農林20号」は高蛋白,良質であることを高く評価したい。

(2) 米飯

米飯の光沢は藤巻・櫛淵⁴⁾の方法で系統選抜に適用できる。彼等は高い遺伝力を推定している。本実験において粘着性に対して有意な相関を示すこと(0.488^{***})はきわめて魅力的である。上位系統を選抜後テクスチュログラム特性をみればよい。したがって生産力検定予備試験への供試材料についてはテクスチャーが明らかとなる。

(3) 米粉

米でん粉の膨潤・糊化・崩壊・冷却による固化などの特性はアミログラムによらねばならない。小麦粉で用いられている Falling number は米粉の場合アミログラムのMVと全く相関がみられなかった(0.042)。アミログラム特性は生産力検定予備試験での検定に用いられ,BDの測定が限界となる。

(4) 米でん粉

BVの遺伝力は蛋白含量より高いと推定されたので,系統選抜の対象としたい形質であるが,現在の分析法ではでん粉の糊化分解・アミロースの再結晶に長時間を要するため,育成の最終段階で検定される。Julino⁵⁾の方法と装置によっても1点1時間を必要とし,装置がきわめて高価なことが導入を阻んできた。Cagampang *et al*¹¹⁾はこの欠点を改善するため Gel consistency test を開発した。有望ではあるが低アミロースへの適用に難点があるようで,今後の検討を要する。

すでに出穂期の項で述べたように,早生化にともなって品質・食味を低下させる遺伝的要因は,晩生化にともなうそれよりも少ないと考えられる。また機械移植の出穂遅延,北半球の寒冷化を考慮すると,早生化は必然の方向となる。早生化に対しては穂揃日数の短縮が考えられる。本実験では8.5日の分布巾を示し,早生ほど長い日数を要しているので,この分の短縮だけでも実質的には早生化となる。

良質・多収より早生・多収の方がはるかに負の遺伝的関係は強い。たとえ困難でも1ランクづつ段階的に前進させ,この過程で良質に対する前述の選抜手順をとれば,早生・多収・良質への結び付けは不可能ではないと考えられる。

引用文献

- 1) Cagampang, G. B., Perez, C. M., Juliano, B. O.
"A gel consistency test for eating quality of rice". *J. Sci. Fd Agric.* **24**, 1589-1594 (1973).
- 2) 竹生新治郎, 遠藤 勲, 谷 達雄, "米の炊飯嗜好性に関する研究, (第3報), 北海道産米の特性について", *食研報*, **25**, 77-81 (1970).
- 3) 竹生新治郎, "米の食味評価法に関する研究", 農林水産技術会議事務局, "米の食味改善に関する研究", 1974, p. 92-103. (研究成果77).
- 4) 藤巻 宏, 櫛渕欽也, "炊飯米の光沢による食味選抜の可能性", *農及園*, **50**, 253-257 (1975).
- 5) Juliano, B. O. "A simplified assay for milled-rice amylose". *Cereal Sci. Today*, **16**, 334-345 (1973).
- 6) Juliano, B. O. "Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice". International Rice Research Institute. Annual Report for 1972. Los Banos, Philippines. 1973, p. 389-405.
- 7) 稲津 脩, 渡辺公吉, 今野一男 "北海道産米の品質解析とその改善技術に関する研究, 第4報, アミロースの実用分析法"・第10回北農会研究発表会要旨 (1972).
- 8) ———, ———, 前田 巖, 伊藤恵子, 長内俊一, "北海道産米の品質改善に関する研究, 第1報, 米澱粉アミロース含有率の差異", *澱粉科学* **21**, 115-119 (1974).
- 9) ———, ———, 長内俊一, 佐々木忠雄, "米粉および米澱粉のアミロース含有率とアミログラム特性との関係", *日育・日作北海道談話会会報* **15**, 27 (1975).
- 10) ———, 今野一男, 渡辺公吉, "北海道産米の品質解析とその改善技術に関する研究, 第9報, 登熟期の温度条件と米粒でん粉の性質", *日土肥学会講演要旨* **23**, 87, (1977).
- 11) 小山八十八, 渡辺公吉, 稲津 脩, 今野一男, "北海道産米に対する米質検定方法の適用について", *北農* **38** (5), 10-41 (1971).
- 12) 倉沢文夫, "コメの味, (1) コメの味と精白米の理化学的研究", *遺伝*, **22** (8), 73-78 (1969).
- 13) ———, "同上, (2) コメの味と精白米の構成成分", *遺伝*, **23** (9), 42-47 (1970).
- 14) 南 松雄, 土居晃郎, "北海道産米の品質に関する物理化学的研究, 第1報, 米の食味特性値と栽培環境要因との関係", *道農試集報*, **24**, 43-55 (1971).
- 15) ———, ———, "同上, 第2報, 米の食味特性と蛋白質含量との関係", *道農試集報*, **26**, 49-58 (1973).
- 16) 農林水産技術会議事務局, "小麦品質検定法—小麦育種試験における—", 1968, p. 12-19 (研究成果35).
- 17) 岡部元雄, "テクスチュロメーターによる新しい考察", *調理科学*, **4**, 156-162 (1971).
- 18) 佐々木忠雄, 江部康成, 稲津 脩, 長内俊一, "テクスチュロメーター利用のための炊飯方法の検討—水稻育種試験における—", *日育日作北海道談話会会報*, **15**, 28 (1974).
- 19) Taira, H. Factors affecting protein content and amino acid composition". Gamma-field symposium No.13 Institute of Radiation Breeding, Ohmiya, Japan. 1974, p. 17-33.
- 20) 山下鏡一, 藤本堯夫, "肥料と品質に関する研究, 2, 窒素肥料が米の食味, 炊飯特性, デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響", *東北農試報告*, **48**, 65-79 (1974).

Physicochemical Characteristics and Tastes of Rice Varieties in Hokkaido

Tadao SASAKI* Shun-Ichi OSANAI* Osamu INATSU* and Yasunari EBE*

Summary

This paper reports the results of measurements conducted in 1974 and 1975 of 20 characters concerning physicochemical properties of brown rice, milled rice, milled rice flour, cooked milled rice, and rice starch, as well as, agronomic characteristics, using 52 varieties and lines in Hokkaido, together with the results of calculations of various parameters among them on the basis of the measurements. This study aimed at obtaining genetic informations to help improve the quality of rice by breeding.

Differences were highly significant among the varieties and lines as to all characters. As is generally known, the quality of rice grown in Hokkaido is characterized by high amylose, low viscosity, and weak adhesiveness. It was disclosed, however, that some varieties and lines had unique characteristics. The heritabilities (h^2 , r) of the characters of taste were estimated comparatively high, nearly equal to the heritabilities of grain yield, grade, and protein content.

Genetic correlations were mostly high among characteristics of amylogram, texturogram, and blue value (BV) of rice starch, but genetic correlations were low among adhesiveness (H_{-1}) of texturogram, BV and H_{-1} , and maximum viscosity (MV) of amylogram. The high correlations were strongly influenced by the 1,000-kernel-weight.

Many relations between the characters of eating quality and the agronomic characters were genetically high, but a half of these relations were mainly affected by the heading date and 1,000-kernel-weight. Genetic correlations of 1,000-kernel-weight with BV, MV, breakdown (BD) of amylogram, hardness (H), H/H_{-1} , as well as, genetic correlations of protein content with BD, H_{-1} , and H/H_{-1} were independently high. The content of ash, protein, BD, and H_{-1} were affected fairly by the grade. The gloss of cooked milled rice was better related to H_{-1} than the characteristics of amylogram. Accordingly, early-generation screening on the basis of the grade and the gloss should be comparatively effective for the improving of the eating quality; it would suffice afterwards that the selected lines are tested in full detail as to the contents of texturogram, amylogram, and amylose.

From the foregoing facts, it may be concluded that the combining of good quality and early maturity is easier than the combining of good quality and late maturity, that the combining of good quality and high yield does not present a difficult problem, but that the negative genetic correlation (-0.52) between early maturity and high yield poses a serious problem. As a method of improving this reverse relation the shortening of full heading days is possible, because, very large variations were found among varieties and lines. When selection procedures for the eating quality are added to this breeding process, it may be possible to breed varieties of early maturity and high yield with good quality.

*Rice Crop Division, Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Iwamizawa, Hokkaido, 069-03, Japan.