

硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験

第1報 選抜形質とパン適性

佐々木 宏† 長内俊 一††

SELECTION EXPERIMENT FOR BREAD BAKING QUALITY AND YIELD OF HARD RED SPRING WHEAT CROSSES

1. Relations between Several Quality Characteristics and Bread Quality

Hiroshi SASAKI & Shun-Ichi OSANAI

パン用良質品種の育成を目的とした選抜にあたり、対象とする形質とパン適性の関係を検討した。胚乳の硬質結晶粒子・蛋白含量・Sedimentation Value および Farinogram の Valormeter value は、いずれもパン総点とかなり高い連関を示したが、その程度は組合せによって大きく異なった。これらの形質について選抜基準を設定し、とくに初期世代の選抜に Sedimentation test の有用性を指摘した。

I 緒 言

近年主要作物の生産は量より質に転換し、成分含量の増加や品質の改良が重要な育種目標となった。小麦では1961年全国的な育種組織を再編し、4か所(農事試験場および北海道・中国・北見農業試験場)に品質強化の育種センターがおかれ、育種目標をそれぞれ輸入銘柄小麦に対応せしめている。

北海道とくに北見地方は、わが国唯一のパン用小麦の適産地とされ、古くは「硬質春播小麦農林35号」, 「春播小麦農林75号」, 近くは「硬質春播小麦ハルヒカリ」が育成奨励されたが、多収な秋播小麦におされて、現在強力小麦銘柄の出回り量は1,000トンに満たない。しかもこれらは単独

でパン用粉に用いられず、多くはカナダ小麦マートパノーザンの配合用となっている。そのため北海道の春播小麦は品質的には国際的評価に耐えられると同時に、秋播小麦の収量水準にできるだけ近づける二面性を負わされている。

小麦の品質は、原料を製粉する一次加工と小麦粉から種々の製品を作る二次加工に分けられ、それぞれの適性が要求されるから、パン用小麦としても具備すべき品質特性は広い内容を含んでいる。従来、これらの品質特性は、品種育成の最終段階で特性検定としてようやくとりあげられてきたが、それも本格的にはビューラーテストミルや一連のブラベンダー生地試験機が上記4育成試験地に導入された1961年以後のことである。

このシリーズの研究は、以上のような背景をもとに、硬質パン用多収品種の育成をはかるとともに、効率的な選抜方法を検討しようとするものであるが、最終的判定は4か年の生産力検定とその

† 北見農業試験場

†† 元北見農業試験場(現中央農業試験場)

* 本報告の一部は昭和43年8月 日本育種学会北海道談話会に発表

パステルに基づいている。とくに本報では、パン適性に関与する諸形質のうち、多数系統の選抜に効果的に利用しうる形質の選定を目的とした。

稿をはじめにあたり、パステルに絶大な協力をいただいた日清製粉株式会社製粉部ならびに同北見工場の各位に深甚な謝意を表す。また本報告に校閲の労をとられた北海道農業試験場後藤寛治博士、試験研究に指導と便宜を与えられた北見農試歴代場長 楠隆氏、小山八十

八氏および中山利彦博士に厚くお礼申しあげる。なお研究の一部はエリザベスアノルド富士財団の協力によることを付記し謝意を表す。

II 材料および方法

組合せおよび世代ごとの栽植系統数を Table 1 に示した。

Table 1 Hybrid populations and planted number of lines

Cross No.	Cross		1963 F ₇	'64 F ₈	'65 F ₉	'66 F ₁₀	'67 F ₁₁
	♀	♂					
I	Norin No. 35	Hokuei	200	30	30	17	17
II	Norin No. 42	Hoku-Iku No. 1	200	30	30	18	18
III	Norin No. 75	Thatcher	200	27	27	19	19

交雑 I は春播硬質 × 秋播軟質、交雑 II は春播硬質 × 春播軟質、交雑 III は春播硬質 × 春播硬質の組合せである。いずれも集団育種法により F₂ ~ F₅ まで集団養成、この間粒質について観察による集団選抜を繰返した。F₆ で各々 1 万個体を栽植、草型と外見品質で各 200 個体を選抜、F₇ で各 200 系統を系統栽培、純度調査とさび病、草型で 1/3 をは場選抜、さらに硬質結晶粒子を検鏡して残りの 1/2 を選抜した (Fig. 1)。

生産力検定は 1964 年 (F₇) ~ 1967 年 (F₁₁) まで 4 か年実施した。当初は F₇ 派生系統として 1 組合せ約 30 系統を供試したが、次年度より系統育成を並行、最終的には 4 か年すべての調査データを備えた系統は 3 組合せ合計 54 系統となった。各年とも普通栽培直播法畑耕種梗概により、1 区 6 m²、乱塊法 2 反復、標準品種は当初「農林 75 号」を用い、後に「ハルヒカリ」を加えた。

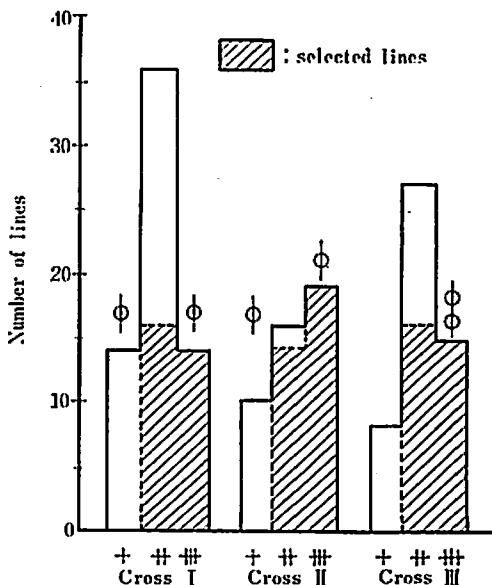
成分分析は各年ブロックごとに行なったが、製粉およびそれ以後の品質調査には 2 ブロックを合わせた原料を用いた。これらはいずれも小麦品質検定法⁽¹⁾⁽⁶⁾により、製粉試験はビューラーテストミルを用い原粒 1 kg を供試、ファリノグラフは 50 g 用ミキサーを使用した。60% 粉 100g についてストレート法による一般パステルと KBr O₃ 添加テストの 2 試験を行なった。

III 実験結果

1. 原粒性状からみた母集団の特徴

1963 年 F₇ では場選抜した 1 組合せ約 60 系統について、硬質結晶粒子の多少を検鏡したのが Fig. 1 である。

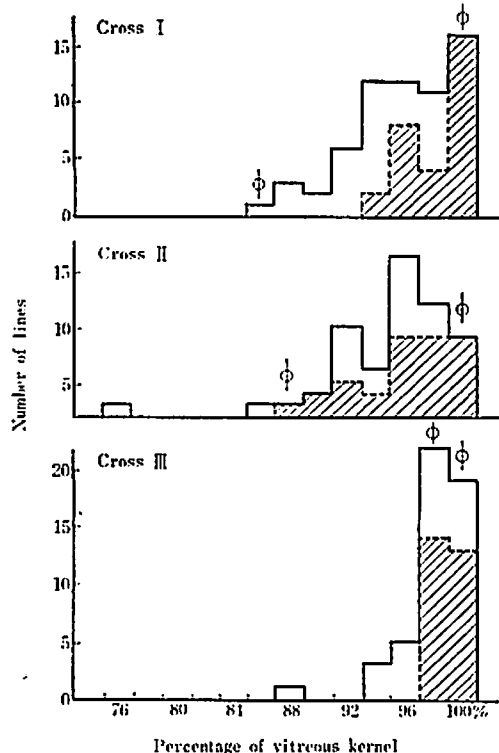
Fig. 1. Frequency distributions of F₇ lines for crystalloidal particles of endosperm



φ indicates a parent variety
+ , a little; # , much; ## , very much,

Fig. 1によれば、硬質結晶粒子の変異は組合せによって異なることが明らかである。交雑Ⅰでは+ (少) : 卍 (多) : 卍 (極多) の割合は 1 : 2 : 1 である。交雑Ⅱでは同じく硬質×軟質の組合せにかかわらず、春播品種同士のためか卍に属する系統がやや多い。しかし交雑Ⅲでは春播硬質品種同士の組合せにかかわらず卍の系統はさほど多くない。ここで Fig. 1 の斜線で示したように、硬質結晶粒子卍の系統は全部選抜した。同様なことを硝子率についてみると Fig. 2 のとおりである。

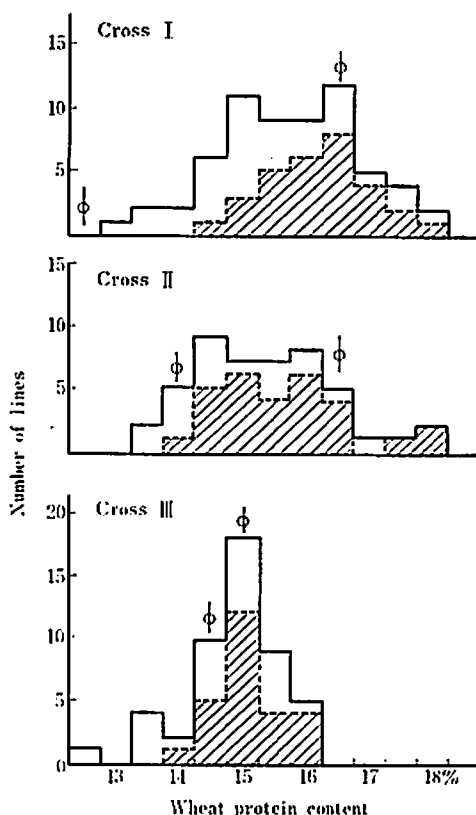
Fig. 2. Frequency distributions of F₂ lines for percentage of vitreous kernel



これによると、3組合せとも90%以上の系統が大部分を示すが、分布幅は明らかに交雑Ⅲが小さく、ほとんど95%以上である。したがって硝子率については選抜の余地が残されていなかった。さらに原粒蛋白についてみたのが Fig. 3 である。

Fig. 3によれば、両親の蛋白含量の差が大きいほど変異の幅が大きく、とくに交雑Ⅰで顕著である。これに反し交雑Ⅲでは変異の幅が最も小さい。3組合せに共通なことは、両親を超越せる系

Fig. 3. Frequency distributions of F₂ lines for wheat protein content



統が高低両方向に出現しており、蛋白の絶対量は高蛋白の親品種の影響を強くうけている。

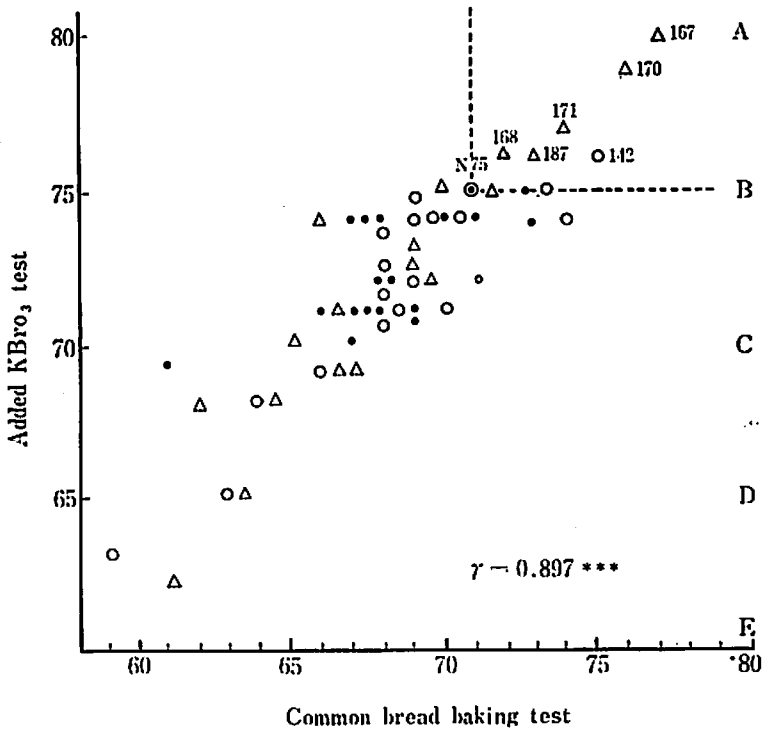
以上のことから、ほ場で選抜した3組合せ192系統の原粒性状の変異を考えると、集団養成中の観察による粒質の集団選抜は、集団の変異を大きく変えてはいないようである。むしろ劣悪粒を淘汰した程度にとどまったと思われる。最も興味のあることは、3形質とも両親の一方がいわゆる硬質高蛋白でありさえすれば、後代に超越系統の出現が期待できることである。

2. 選抜系統のパン適性

一般パンテストと KBrO₃ 添加テストにおけるパン総点の4か年平均値を Fig. 4 に示した。

各年ともひきたての粉を用いたため、酸化が不十分なことを考慮して、KBrO₃ を 10ppm/100g 添加したが、これはグルテンを強じんにし、生地をひきしめる作用をする。ここでパン総点と

Fig. 4. Bread scores of 54 lines, four-years mean



Figures in number represent Kitakei-haru No. and •, cross I; ○, cross II; △, cross III, ⊙, Norin No. 75.

は、パンの外観、内相の次の形質を評点した総合得点である。

外観：体積(20), 皮質(15), 焼色(10)
 内相：色相(15), すだち(20), 触感(20)

Fig. 4によれば、一般テストと KBrO₃ 添加テストの関係は、きわめて密接であり、両者の相関係数は全体で 0.897***, となる。これを組合せ別にみると、交雑 I ; 0.558* 交雑 II ; 0.917***, 交雑 III ; 0.946*** で、交雑 I が著しく低い。これは図に見られるように分散が小さく、さらに KBrO₃ の改良効果がほかの組合せより大きく、逆にその分散を小さくしているためである。

一般に KBrO₃ の改良効果は総点で約 3 点の向上を示すが、向上の程度は一様でない。前記交雑 I に属する系統ばかりでなく、どちらかといえばパンの不良系統は優良系統よりもよく改善されており、とくに「農林75号」が顕著な部類に属し

た。

パン総点の分散分析を Table 2 に示した。Fig. 4 で明らかであったように、選抜した 54 系統は豊富な変異を示し、年次間の差も大きい。また系統間の差も有意である。また交雑内の系統間にも有意差が認められるが、組合せおよび「農林75号」間(群間)の差は認められない。つまり 3 組合せとも系統平均値は「農林75号」なみということになる。

しかし、各組合せの分散は一様でなく、交雑 III が最も大きく、交雑 I が最も小さい。このことは Fig. 3 に示した原粒蛋白の頻度分布から見ると全く逆の関係である。

また Table 2 の誤差分散は一般テストより、KBrO₃ 添加テストが小さく、1%水準の最小有意差は 4.8 および 4.4 であるから、便宜上 Table 4 のように 5 点きざみに A~E の 5 群に分類するこ

Table 2 Analyses of variance for bread scores

Source of variation	d. f.	Variance	
		Common test	Added KBrO ₃ test
Total	219	27.05	23.37
Years	3	291.67**	431.33**
Lines	54	52.44**	49.61**
Among groups	3	9.67	18.33
Within cross I	16	18.44**	10.18
Within cross II	17	57.65**	51.41**
Within cross III	18	84.89**	88.17**
Error	162	13.68	7.07

とは無理ではない。これを組合せごとの系統数で見ると次表のようである。

	A	B	C	D	E	農林75号以上
交雑Ⅰ		7	10			0
交雑Ⅱ		8	8	2		1
交雑Ⅲ	2	7	8	1	1	5

「農林75号」はB群に属するから、A群の2系統(北系春167, 北系春170)は明らかに優秀であるとみてよい。また「農林75号」の総点以上を示したのは交雑Ⅱで1系統(北系春142)、交雑Ⅲでは上記2系統のほかに北系春168, 171, 187の3系統であったがこれらは有意ではない。

ここでも組合せの特徴が顕著で、交雑Ⅲは特異である。つまり変異が大きく、しかも+-両方向への超越型系統が出現している。この試験で「農林75号」を除くほかの親品種については、パンテストを同時に行っていないが、過去の成績によれば「農林35号」、「農林42号」、「Thatcher」のパン適性はここでいうA群に相当する。したがって、交雑Ⅰや交雑Ⅱのように片親に軟質品種を用いる場合は、よほど慎重な選抜が必要となるだろう。しかし交雑Ⅲの両親を考えると、さらにすぐれた親品種の組合せによれば、現在以上の超越型系統の育成が可能であることを暗示させる。

3. パン適性と品質に関与する諸形質

小麦の蛋白質はその80%がグルテン(麸)を形成する。よくいわれるように、このグルテンの

量と質が小麦粉の品質を決定する最大の要因である。パン用粉として要求されるグルテンは量的に多いことはもとより、グルテンの質は強じんでなければならない。グルテンの量だけなら、原粒あるいは小麦粉の蛋白含量あるいは麸量を測定すればよいが、質的な検討は実際にパンを作るか、あるいは前述のブラベンダー生地試験機を用いて、生地の粘弾性を流動学的に評価しなければならない。したがって、品質に関与する諸形質は製粉以前の原粒と以後の小麦粉に2大別される。できるだけ前者の段階でパン適性が推定されれば育種操作上きわめて有利となる。

(1) 硬質結晶粒子の多少

すでに Fig. 2 から、春播小麦に関する限り硝子率は選抜の余地がなかった。また硬質結晶粒子はE₇で+の系統を淘汰している。そこで+および#について後代のF₂、85系統を見ると Table 3 のとおりである。

Table 3 Progeny tests of crystalloidal property

Cross No.	F ₁	F ₂			
		+	#	##	total
Cross I	#	0	6	11	17
	##	1	5	7	13
Cross II	#	2	3	4	9
	##	2	7	10	19
Cross III	#	0	2	13	15
	##	1	4	7	12
All crosses	#	2	11	28	41
	##	4	16	24	44
	total	6	27	52	85

Table 3によれば、 F_7 で卍であった系統が F_8 でも卍と判定されたのは44系統中24系統で55%である。逆に F_8 で卍であったものが、 F_7 でも卍と判定されたものは52系統中24系統、46%であった。年によって硬質結晶粒子の多く見られる場合と、そ

うでない場合があるが、この形質の遺伝力は比較的高く50%前後と推定されよう。

ついで、パンテストを行なった54系統について硬質結晶粒子とパン適性の関係を見たのが Table 4である。

Table 4 Relations between crystalloidal property and bread quality

Year or Generation	Crystalloidal property	General remarks of bread					
		A	N75* B	C	D	E	total
1963 F_7	卍	1	12	15	2	1	31
	卍	1	10	12			23
	total	2	22	27	2	1	54
1964 F_8	+		2	2			4
	卍		4	18	1		13
	卍	2	16	16	2	1	37
	total	2	22	26	3	1	54
Mean	+~卍		1				1
	卍		1	6	1		8
	卍~卍	1	15	14	2	1	33
	卍	1	5	6			12
	total	2	22	26	3	1	54

* N 75 (Control variety Norin No.75) belongs to B group.

1963年は結晶粒子の少ない年で、1964年は多い年であった。1963年のような年でも「農林75号」か、それ以上のパン適性を期待するには、卍のみを選抜すれば23系統中11系統が満足され、選抜効果は48%となる。また卍のみをとっても選抜効果は41%となる。1964年の場合は卍をとれば選抜効

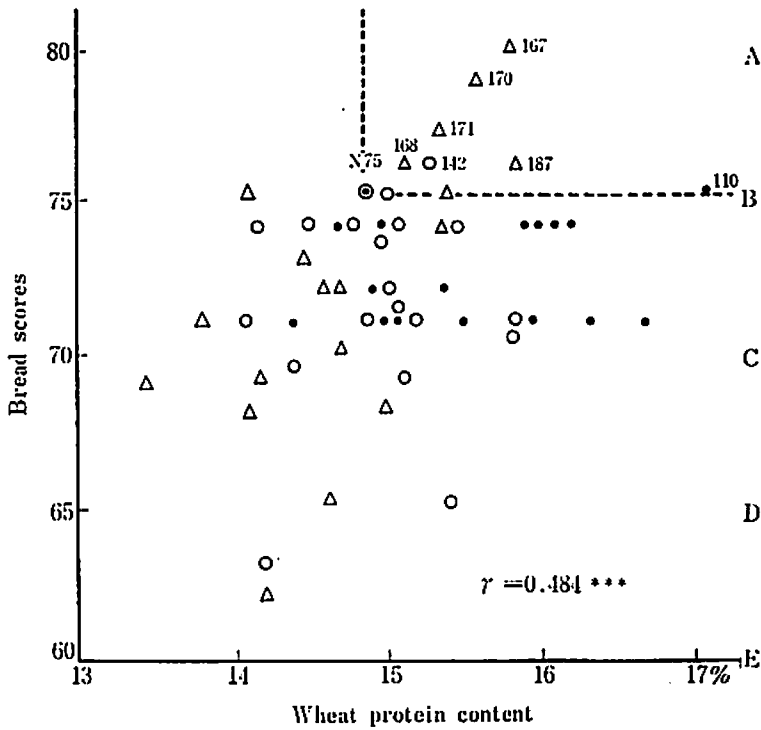
果は49%となる。両年を平均すると、卍~卍あるいは卍の系統をとれば、選抜効果は49%となる。

したがって、硬質結晶粒子が多いだけでは必ずしも良いパンを望めないが、2年間とも卍あるいは卍~卍程度の系統を選抜すれば、そのうちの半数系統はパン適性をほぼ満足できると思われる。

Table 5 Analyses of variance for wheat protein content, sedimentation value and farinogram valorimeter value

Source of variation	d. f.	Variance		
		Protein content	Sedimentation value	Farinogram valorimeter value
Total	219	0.98	170.18	83.01
Years	3	14.59**	2846.73**	1126.53**
Lines	54	2.23**	476.16**	228.55**
Among groups	3	12.24**	2828.34**	1547.64**
Within cross I	16	2.04**	95.99	82.34**
Within cross II	17	0.95**	397.75**	192.59**
Within cross III	18	1.87**	474.03**	172.64**
Error	162	0.31	118.50	15.17

Fig. 5. Correlation between protein content and bread score



(2) 原粒蛋白

4 年間の分散分析の結果を Table 5 に、原粒蛋白とパン適性の関係を Fig. 5 に示した。

Table 5 によれば原粒蛋白はいずれも有意で、組合せ間では

交雑 I (15.5) > 農林75号 (14.8) > 交雑 II (14.1) > 交雑 III (13.2)

の関係となるが、分散は交雑 II が著しく小さい。

また年次間では

1967, 1965 > 1964, 1966

で 2% の差が見られた。

Fig. 5 によれば、原粒蛋白が「農林75号」(14.8%) 以下の系統から、パン総点が「農林75号」以上となるものは見出されない。パン総点との相関係数を一括 Table 6 に示した。

Table 6 Phenotypic and genetic correlation coefficients between bread score and wheat protein content, sedimentation value and farinogram valorimeter value

Cross No.	Protein content		Sedimentation value		Farinogram valorimeter value	
	r _p	r _G	r _p	r _G	r _p	r _G
Cross I	0.069	0.014	0.189	0.168	0.284	0.555
Cross II	0.139	0.016	0.534*	0.576	0.575*	0.839
Cross III	0.659**	0.981	0.636**	0.711	0.558*	0.651
Total	0.484***	0.773	0.481***	0.546	0.440**	0.528

これらの図表によれば、原粒蛋白とパン総点は全体としてかなり密接な関係にある。しかし組合せ別にみると、有意な関係は交雑Ⅲのみで、交雑Ⅰおよび交雑Ⅱではまったく無関係である。ここで交雑Ⅲは低蛋白のわりにはパン総点に対する蛋白含量の貢献度が大きく、これに対し交雑Ⅰは高蛋白でありながらパン総点への貢献度は小さい。

Fig. 5 から、蛋白含量のみで選抜するとすれば、「農林75号」以下の系統は19系統にすぎないから、全系統の35%を淘汰することとまる。

(3) Sedimentation Value (SV)

Table 5 の分散分析の結果は、組合せ間に有意差があり

交雑Ⅰ(65) > 農林75号(59) > 交雑Ⅱ, 交雑Ⅲ(52) の関係となるが、分散は逆に

交雑Ⅲ > 交雑Ⅱ > 交雑Ⅰ

となり、交雑Ⅰ内の系統間には有意な差が見られない。年次間では

1964(61), 1965(61) > 1967(55) > 1966(47)

で、1966年は原粒蛋白とともに異常に低かった。4か年の平均値でパン総点との関係を見たのが Fig. 6 である。

Fig. 6. Correlation between sedimentation value and bread score

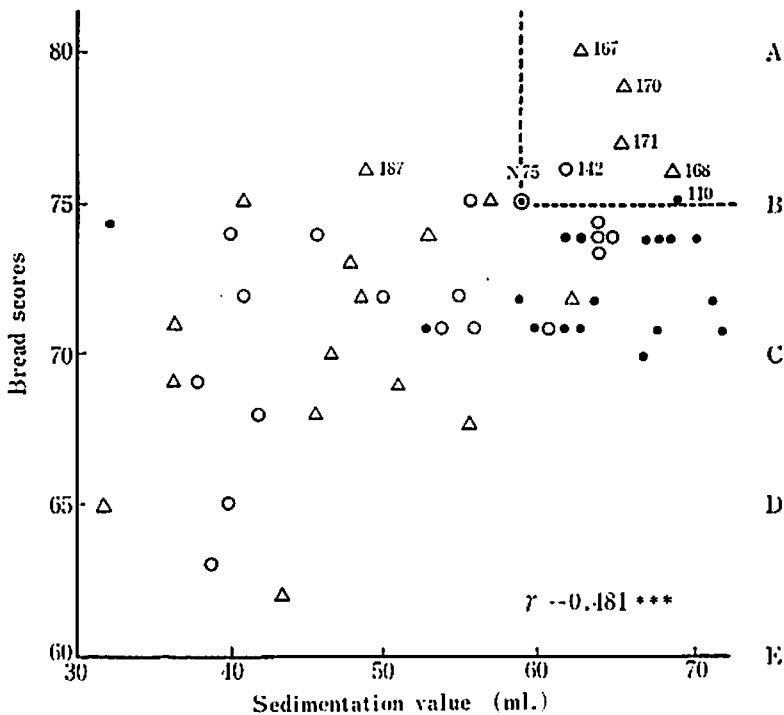


Fig. 6 および Table 6 によれば、全体として正の関係がかなり強く、とくに交雑Ⅲおよび交雑Ⅱで密接である。しかし交雑Ⅰでは原粒蛋白同様に無関係である。

3組合せに共通なことは、「農林75号」以下のSVで、「農林75号」以上のパン総点を示したのは「北系春187」1系統のみで、この系統は蛋白含量が高かったためである。

交雑Ⅰの17系統は15系統までがSV 60ml以上、原粒蛋白は15%以上を示し、いずれも「農林75号」を上廻っているにもかかわらず、パン総点で「農林75号」以上のものはなかった。とくに「北系春110」は「農林75号」より蛋白で2%、SVで10mlまさりながらパン総点では変わりなかった。したがって、交雑ⅠのSVは大部分が蛋白の量にもとづくものと思われる。

また Fig. 6 において、「農林75号」以下の SV で「農林75号」以上のパン総点を示したのは、前記「北系春187」のみで、ほかはいずれも「農林75号」より劣った。いま SV 59ml以下の26系統を淘汰するとすれば、これは全体の48%に相当する。

(4) ファリノグラムのVV

Table 5 によれば、組合せ間の差が最も顕著で

交雑Ⅰ(60) > 農林75号(53) > 交雑Ⅱ(50) > 交雑Ⅲ(47)

の関係となる。逆に分散は交雑Ⅰが最も小さく、交雑Ⅱが最も大きく、交雑Ⅲは交雑Ⅱに近い。年次間では1965年(F₁)が、ほかの3年より有意に高かった。4か年の平均値でパン総点との関係を見たのが Fig. 7 である。

Fig. 7. Correlation between farinogram valorimeter value and bread score

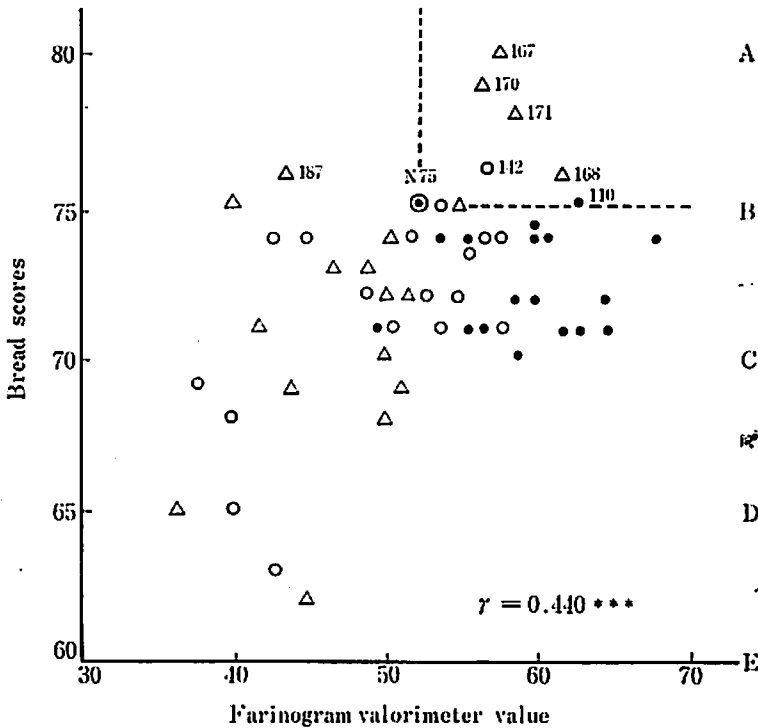


Fig. 7 および Table 6 によれば、全体としてかなり高い関係を示し、表現型的には交雑Ⅰのみが低い。遺伝相関はいずれも密接であり、原粒蛋白や SV との関係と明らかに異なった。ファリノグラムの VV は SV との間に $r=0.749^{***}$ と密接な関係を示し、Fig. 6 と Fig. 7 はかなりよく一致する。ここでも「農林75号」以下の VV で「農林75号」以上のパン総点を示したのは「北系春187」のみであった。VV 53以下の系統は25系統あり、これは全体の46%に相当する。

IV 論 議

硬質結晶粒子の存在は池田(1935)⁹⁾によって発見された。彼は粉粒子の形状を低倍率の顕微鏡で観察し、大部分の粉粒子が遊離した澱粉粒となり、一部の大型粉粒子も不整形の塊状を示すものと、大部分は角ばった破片状の粒子となるものを区別した。前者の粉塊は普通の顕微鏡下では不透明であり、後者の粉塊は硝子の破片に似て透明である。これを粉質 (flour texture) のちがいによるとし、前者を軟質粉、後者を硬質粉と称した。

さらに40品種についてパン適性を検討し、硬質

粉が一般に良いパンを作り、しかもこの性状は品種固有の遺伝的特性であるとしている(池田(1961)¹¹⁾)。同じころ、三宅、末次(1950)¹¹⁾は154品種を九州小麦試験地で栽培し、パンテストを行ない粉質との関係のみて同様な結果をえている。なお池田(1956)¹⁰⁾は粉質の光学的研究を進め、硝子状粉粒子が結晶性であること、雨害によって結晶性が喪失することを認めている。ちなみに、Hard Wheat とは製パン用良質な小麦粉をえる原料小麦を意味して慣用されているが、池田¹¹⁾は *Triticum vulgare* に属するもののうちで、その胚乳部の蛋白質が結晶性を示し、したがって粒の硬度においても高いものと定義し、「硬質小麦」と呼称することを提唱している。

この定義にしたがえば、われわれの育種目標である硬質パン用小麦は、まず硬質結晶粒子の多いことが前提となる。しかしこれの遺伝様式は知られていない。われわれの別な予備実験によれば、硬質×軟質でえられた F_1 種子世代の硬質結晶粒子は両親の中間を示し、戻交雑の結果はほぼ 1 : 1 に分離する。Fig. 1 に示した F_7 系統の頻度分布は組合せによって異なったが、大きく多 : 少に分ければ、3 : 1 に近い分離比となる。†および卅について、 F_8 の後代を検定した結果、親子ともに同一階級にランクされたものが全体の50%を占めた。 F_7 (1963)は F_8 (1964)にくらべて登熟中の雨量が多かったため、結晶性の喪失が大きかったと思われるが、それにしても硬質結晶粒子の遺伝力は高く、主働遺伝子に支配されるものと推定される。

前記池田、三宅、末次らの研究では、代表的な品種を幅広く選んで供試しているため、硬質粉とパン適性の関係がとくに顕著であったにちがいない。雑種集団を用いたわれわれの実験では、Table 4 に示したように、硬質結晶粒子の多いものでもパン適性にかなりの変異を示し、標準品種「農林75号」級のパン適性をえたものは半数にとどまった。硬質結晶粒子がパン適性に関与することは明らかであるが、同時にまたその程度と限界もこのへんにあるものと思われる。

グルーテンの量と質に関連して、長い間穀類化

学者は同程度の重要性をもつものと認識してきた⁵⁾。グルーテンの量は蛋白含量の測定によって正確に推定できるが、グルーテンの質を評価するのは複雑である。この実験でとりあげた Sedimentation value とファリノグラムの VV は測定値自体がすでに複合形質である。パン総点もまたパン適性の総合評点である。かかる意味で本報は厳密性を欠くうらみはあるが、現段階の小麦粉の品質に関しては、二次加工上の操作および製品との関係においても、総合的な性質の測定がむしろ役立つとされている¹⁰⁾。

小麦の高蛋白育種は古くから行なわれているが(Clark(1926)⁴⁾)、パン用良質品種の育成には直接パンを評価する方法と、間接的にパン適性を推定する方法がとられる。前者では少量サンプルによる Micro baking test が開発され³¹⁸⁾、アメリカ、ソ連では育種に用いられているが、未だわが国での試みはない。後者では一連のブラベンダー生地試験機等によって物理的に小麦粉の粘弾性を測定する方法と、Pelshenke test (wheat meal fermentation test) や Expansion test で代表される化学的方法とがある¹¹¹³⁾。

HEYNE and FINNEY (1965)⁸⁾ は mixing time とパン体積の相関(0.679)が高いことから Mixogram analysis による $F_3 \sim F_4$ 世代の選抜を奨めているが、これまでこの種の生地試験機による実際的な選抜はほとんど行なわれていない。小麦育種家は、いつも、供試量、供試点数、時間と経費の面から、パン適性と有意に相関する簡易な品質検定の必要性を痛感してきた。

Sedimentation test は ZELENY(1947)²¹⁾ によって提唱され、PICKNEY et al.(1957)¹⁷⁾ によって拡張された簡単なパン用適否試験で、少量の試料で済み、その Sedimentation value は蛋白質の量と質を表わす形質として育種的に注目された²²¹⁾。1962年、アメリカ小麦の品質検定公定法に採用されたことがあり(1965年廃止)、この年を中心に大規模な実験が行なわれた。

すなわち、ZELENY, DOTY and KIBLER (1963)²³⁾ は合衆国の主産地31地域から集めた1962年産の硬質春播小麦533点、硬質秋播小麦186点の計719

点について、蛋白含量, SV, ファリノグラム特性の flour evaluation score(パンと生地総合得点)に対する相関を求め、それぞれ0.74, 0.93, 0.85の相関係数をえ、SVとの関係が最も密接な連関を示した。GILLES and SIBBIT(1963)⁹⁾は North Dakota 州内の8か所で独立に試験された、1962年産の硬質春播小麦121点についてパン体積との関係を検討した結果、品種の特性としてSVか蛋白含量のいずれかを選ぶとすれば、SVも蛋白同様に潜在的な品質を示すとは思われないので、せめて育種家が広義の品質を強・中・弱に分類する手段として役立つ程度だとしている。SCHLESINGER(1963)¹⁰⁾もまた、Oklahoma, Texas 北部の1962年産硬質秋播小麦114点を調査し、パン適性の指標としてはSVより蛋白の方がよいか少なくとも同程度と結論した。

これらは、いずれも各地から集めた銘柄小麦についての実験であるが、雑種集団を用いた研究も多い。HARRIS and SIBBIT(1956)⁶⁾は Mexico と North Dakota で、春播小麦の育成材料50系統ずつを用いて、パン体積、expansion volume, SV および蛋白含量を測定した。蛋白含量を一定にした場合の expansion volume とパン体積の部分相関が0.665**に対して、同じくSVとパン体積の部分相関は0.705**と高かった。またパン体積に対する expansion volume と蛋白含量の重相関は0.792, 同じくSVと蛋白含量のそれは0.801であった。このことから Sedimentation test は Expansion test に十分代わりうるとしている。LEBsock et al.(1964)¹²⁾は春播小麦でF₃からF₅までかなり広汎な研究を行ない、SVと dough mixing time との間に0.61~0.74の相関をえた。この時蛋白含量との相関は0.24~0.52で、SVよりかなり劣った。さらに、SUNDERMAN, WISE and SNEED(1965)²⁰⁾は秋播硬質×秋播軟質のF₂とF₃ 66系統を用い、パン適性とファリノグラム特性、SVおよび蛋白含量との関係を見た。dough mixing time や dough type との相関は、ファリノグラムの Peak time が最も密接であったが(0.822**, 0.848**), パン体積やパン内相(すだち、触感)に対してはSVとの相関が最も高く(0.817**,

0.737**), 蛋白含量との相関は最も低かった(0.321, 0.570)。

しかし、これらの関連の程度は供試材料の種類や環境条件によって異なることが指摘されている(HAUNOLD, JOHNSON and SCHMIT(1962)⁷⁾)。われわれの実験では、Table 6 に示したように、パン総点に対する蛋白含量, SV およびファリノグラムのVVとの相関は、組合せによって明らかに異なった。しかも表現型相関よりも遺伝相関で顕著であった。

蛋白含量は、交雑Ⅲで0.981というきわめて高い遺伝相関を示したが、交雑Ⅰや交雑Ⅱでは0に近かった。これに対しSVは、交雑Ⅱと交雑Ⅲで0.576と0.711となり、ファリノグラムのVVは交雑Ⅰ, Ⅱ, Ⅲでそれぞれ0.555, 0.839, 0.659と平均して高い遺伝相関がえられた。このことは蛋白含量による選抜は特定の組合せではきわめて効果的であっても、別な材料によっては無意味となる危険性を暗示している。これに対しファリノグラムのVVは安定した連関が期待できる。SVの場合はこれらの中間であるが、蛋白含量よりも危険性は少ないと考えられる。

すでに述べたように、いわゆる複合形質であるSV, VV, パン総点は蛋白の量と質が補完的に働き合った結果と見ることができ。したがって、蛋白の質を評価する場合には、一定の蛋白量同士での比較か、あるいは相対的な動きに注目しなければならない。パン総点で「農林75号」にまさった6系統を相対的に見るとTable 7のようになる。

この表の「ハルヒカリ」のみ2か年平均で、ほかは4か年の平均である。パン概評A群の2系統(北系春167, 170)は、量質ともすぐれている。B群の「北系春142, 168, 171」は、質的に「ハルヒカリ」にやや劣る。「北系春187」は最も高蛋白で、パン体積も最大であるにかかわらず、SVとVVは極端に劣った。ほかのファリノグラム特性を吟味する必要があるが、何らかの質的欠陥がありそうである。

わが国に輸入されているカナダ小麦の「マートバノーザン2号」の蛋白含量は、普通13~14%で

Table 7 Quality of promising lines

Line No. (Kitakei-haru)	Cross No.	Crystalloidal property	Protein content %	Sedimentation value ml.	Farinogram valorimeter value	Common test		Added KBrO ₃		General remarks of bread
						Loaf volum cc	Bread score	Loaf volum cc	Bread score	
167	Ⅲ	≡	15.8	63	58	604	77	649	80	A
170	Ⅲ	≡	15.6	66	57	603	76	653	79	A
142	Ⅱ	≡°	15.3	62	57	594	75	629	76	B
168	Ⅲ	≡°	15.2	69	62	578	72	634	76	B
171	Ⅲ	≡	15.3	69	59	581	74	624	77	B
187	Ⅲ	≡°	15.8	49	44	610	73	636	76	B
Norin No.57		≡	14.8	49	53	569	71	618	75	B
Haru-hikari		≡	15.1	68	65	595	74	630	78	A'

ある。これにくらべると上記の各系統はいずれも高蛋白質である。原因の1つは試験ほ場が腐植にすこぶる富んでおり、潜在窒素の多いことと比較的低収であったことによる。それにしても蛋白質の量はその質をカバーできなかったことも事実で「マニトバノーザン」にくらべると質的にかなり見劣りすることは否定できない。逆にいえば、北海道の硬質春播小麦といえども、蛋白質の質的改善の余地が大きいことを示すものである。そのためには、一連のブラベンダーテストやパンテストにより、できるだけ早期の検定選抜が望ましいが、供試量と時間の関係で供試点数の制限される憾みがある。したがって、これに代わるものとして **Sedimentation test** が有用な手段となりうるであらう。

V 摘 要

パン用良質品種の育成上、パン適性と有意な連関を示す品質形質の選定を目的とした。

集団育種法により

(交雑Ⅰ) 硬質春播小麦農林35号×ホクエイ

(交雑Ⅱ) 硬質小麦農林42号×北育1号

(交雑Ⅲ) 春播小麦農林75号×Thatcher

の3組合せ各60系統を育成し、硬質結晶粒子について上位 $\frac{1}{2}$ を選抜、これらのうち54系統について1964年(F₂)から1967年(F₃)まで生産力と品質を検定した。

1. 母集団における硬質結晶粒子の変異は組合せ

によって異なったが、結晶粒子の多い系統の出現頻度は、硬質品種同士の組合せで多いとは限らなかった。しかし、秋播軟質品種との組合せではその出現率は低かった。

2. 硝子率の変異は、硬質品種同士の組合せで明らかに高かった。ほかの組合せでも変異の幅は大きかったが、ほとんどが90%以上を示し選抜の余地はなかった。
3. 蛋白質含量は両親の差が大きいほど変異が大きく、両親の一方が高蛋白質であれば、後代に超越型の系統がえられた。
4. パン総点によって5階級に区分できた。A群の2系統(北春播167, 170)は交雑Ⅲからえられ、B群上位の系統も交雑Ⅲと交雑Ⅱのみで、交雑Ⅰからはえられなかった。
5. 硬質結晶粒子の遺伝力は50%と推定され、主働遺伝子による遺伝的形質と考えられた。2か年を通じⅡ～Ⅲ、あるいはⅢの系統を選抜すれば、その半数は「農林75号」(B群)以上のパン適性を満足し、個体選抜に有効な形質である。
6. 標準品種「農林75号」以上のパン適性を目標とする場合、選抜の基準は蛋白質含量15.0%; SV, 60ml; ファリノグラムのVV, 55以上となる。この場合、SVとVVの選抜効果は50%に近いが、蛋白質含量は35%と低くなる。
7. パン総点に対する蛋白質含量、SVおよびVVの相関は組合せによって異なり、とくに遺伝相関で顕著に現われた。

蛋白含量は交雑Ⅲのみできわめて高い連関(0.981)を示したが、ほかの組合せでは無関係であった。

8. SVは交雑Ⅱ・Ⅲで0.576, 0.711と高くVVは交雑Ⅰ, Ⅱ, Ⅲでそれぞれ0.555, 0.839, 0.659と安定して高かった。蛋白の量と質が組合せによって異なることに基づいている。
9. 本実験で育成されたパン用良質な有望系統について、蛋白の量と質を相対的に比較すると、量的には十分であったが、質的改善の余地が大きかった。そのためには、初期世代におけるSVの積極的選抜が効果的と判断された。

参 考 文 献

1. American Association of Cereal Chemists, 1962; Cereal Laboratory Method. 7th Ed.
2. ATKINS, I. M., E. C. GILMORE, P. SCOTTINO, O. G. MERKLE, and K. B. PORTER, 1965; Evaluation of the sedimentation test in a wheat breeding program. Crop Sci., 5, 5, 381-385.
3. BARNORR, M. A., 1959; How the wheat improvement program functions at the western wheat quality laboratory. Cereal Science Today, 4, 8, 235-238.
4. CLARK, J. K., 1926; Breeding wheat for high protein content. J. Amer. Soc. Agron. 18, 10, 648-661.
5. GILLES, K. A., and L. D. SIBBIT, 1963; The sedimentation test as tool for plant breeders. Northwestern Miller, 268, 12, 20-26.
6. HARRIS, R. H., and L. D. SIBBIT, 1956; Relations between wheat protein content, loaf volume, and sedimentation value. I. Plant breeder's samples. Cereal Chem. 33, 2, 74-78.
7. HAUNOLD, A., V. A. JOHNSON, and J. W. SCHMIDT, 1962; Variation in protein content of the grain in four varieties of *Triticum aestivum* L. Agron. J. 54, 2, 121-125.
8. HEYNE, E. G., and K. F. FINNEY, 1965; F₂ progeny test for studying agronomic and quality characters in hard red winter wheats. Crop Sci. 5, 2, 129-132.
9. 池田利良, 1935; 麵麵用小麦の簡易鑑定法, 農及園, 10, 11, 2605~2608.
10. ———, 1956; 硬質小麦胚乳の結晶性について, 日作紀, 25, 2, 88~89.
11. ———, 1961; 日本における硬質小麦の研究, 東海近畿農試特別報告, 2
12. LEBSOCK, K. L., C. C. FIFIELD, G. M. GURNEY, and W. T. GREENAWAY, 1964; Variation and evaluation of mixing tolerance protein content and sedimentation value in early generations of spring wheat, *Triticum aestivum* L. Crop Sci. 4, 2, 171-174.
13. MILLER, H., J. EDGAR, and A. G. O. WHITESIDE, 1964; An improved small-scale dough expansion test for the estimation of wheat quality. Cereal Chem. 31, 6, 433-438.
14. 三宅昭徳, 末次 勲, 1950; 暖地栽培小麦品種の品質並びに製麵包試験成績, 農事試験報, 4, 2, 77~90.
15. 日本麦類研究会編, 1964; 小麦粉 一原料とその加工品一
16. 農林水産技術会議編, 1968; 小麦品質検定法 一小麦育種試験における— 研究成果, 35.
17. PICKNEY, A. J., W. T. GREENAWAY, and L. ZELENY, 1957; Further development in the sedimentation test for wheat quality. Cereal Chem. 34, 1, 16-25.
18. SCHELLENBERGER, J. A., M. SHOGREN, and H. H. LAUDE, 1958; Microtechnics applied to wheat quality evaluations. Agron. J. 60, 2, 151-153.
19. SCHLESINGER, J., 1963; Sedimentation studies. Northwestern Miller, 268, 6, 41-48.
20. SUNFERMAN, D. W., M. WISE, and E. M. SNEED, 1965; Interrelationships of wheat protein content, flour sedimentation value, farinograph peak time, and dough mixing and baking characteristics in the F₂ and F₃ generation of winter wheat, *Triticum aestivum*. Crop Sci. 5, 6, 537-540.
21. ZELENY, L., 1947; A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour. Cereal Chem. 24, 6, 465-475.
22. ———, W. T. GREENAWAY, M. G. GURNEY, C. C. FIFIELD, and K. LEBSOCK, 1960; Sedimentation value as an index of dough-mixing characters in early-generation wheat selections. Cereal Chem. 37, 6, 673-678.
23. ———, J. M. DOTY, and W. E. KIBLER, 1963; Sedimentation as a measure of wheat quality. Northwestern Miller, 268, 2, 19-25.

Summary

Breeders deal with segregating materials, often of wide genetic diversity. Numbers of individual selections are large, but the quantity of grains for quality test is usually small.

We recognize the urgent need of a single quality test, which is significantly correlated with known characteristics essential to bread baking. The results reported are from research initiated to determine these associations of crystalloidal property of endosperm, wheat protein content, flour sedimentation value, farinogram valometer value, and bread score.

Determinations and evaluations of these quality characteristics were made mainly by the method prescribed in the Seventh Edition of the Cereal Laboratory Methods. However, the 1,000-gram samples of wheat were milled on Bühler laboratory flour mill after being tempered overnight to 16% moisture, and the 50-gram mixer was used for Brabender farinograph.

Three cross hybrids, namely,

Cross I. Norin No. 35 × Hokuei

Cross II. Norin No. 42 × Hoku-Iku No.1

Cross III. Norin No. 75 × Thatcher

were examined as the material. Norin No.35, Norin No.42, Norin No.75, and Thatcher are hard red spring wheat varieties, Hokuei is a soft red winter wheat variety, and Hoku-Iku No.1 is a soft red spring wheat variety. These populations were grown by the bulk method from the F_2 to the F_5 generation.

In the F_7 generation, 600 lines were planted and the desirable 180 lines of phenotypically superior type with leaf-rust resistance were selected. Moreover, the top 87 lines with good crystalloidal property were selected. These lines and control variety "Norin No.75" were planted in a randomized complete block design with two replications at Kunneppu and examined

during the past four years from the F_8 (1964) to the F_{11} (1967).

As can be seen from Fig. 1, 2 and 3, differences between the hybrid populations in the mode and the range of variations were remarkable. The lines with hard flour were found not always numerous in the Cross III (hard spring × hard spring), but the frequency of such lines were fairly low in the Cross I (hard spring × soft winter).

Variation of vitreous kernel in the Cross III was smaller than the other crosses. However, as the percentage of vitreous kernels of the vast majority of lines in three crosses exceeded 90%, it was not necessary to select the higher lines, already.

As seen from the Cross I or II, where differences between the parents of protein content were large and the parent was a high protein variety, the range of variations were spread and transgressive segregations were found.

Based on the results of analysis of variance in three crosses during four years, the 54 lines were classified into 5 groups for bread score, as shown in Fig.4. Two lines, Kitakei-haru No.167 and No.170, belong to the A group. They were derived from the Cross III and were significantly superior to Norin No.75 which belongs to the B group. Furthermore, four upper lines belonging to the B group were derived from the Cross II and III, not from the Cross I.

The crystalloidal property of endosperm is an unquestionable genetic characteristic, and it may be under the monogenic control. The heritability estimated from the progeny test of F_8 lines on F_7 plants, was approximately 50% in the three crosses. If we had selected the lines that contained much (++) or very much (++) crystalloidal particles through the two years, half of these lines would be satisfactory

for the bread baking quality which exceeded Norin No.75. Microscopic observations of the crystalloidal particles are a useful tool for the individual selection of progeny differing widely in bread baking quality.

The criterion of selection for purpose of the bread baking quality exceeding Norin No.75 was established, namely wheat protein content, 15.0% ; sedimentation value, 60ml. ; and farinogram valorimeter value, 55. In this case, effect of selection for sedimentation value and farinogram valorimeter value were approximated to 50%, but the effect of selection for protein content was considerably lower, namely, 35%.

At a glance of the Fig. 5, 6 and 7, positive correlations were found between bread score and protein content, sedimentation value, and farinogram valorimeter value. It was generally high as a whole, but the differences of genetic correlations among three crosses were remarkable (Table 6).

The genetic correlation between sedimentation value and bread score in the Cross III was very high, but it was extremely poor in the Cross I and II. The genetic correlation coefficients between sedimentation value and bread score in the Cross II and III were 0.576 and 0.711, res-

pectively, but it was low in the Cross I. The genetic correlation coefficients between farinogram valorimeter value and bread score in the Cross I, II and III were 0.555, 0.839 and 0.659, respectively, and these coefficients were rather high. As far as this is concerned, protein content is not as good a predictor of bread baking quality as is the sedimentation value and the farinogram valorimeter value.

In comparing the quantity and quality of protein as seen from Table 7, the desirable lines bred from this experiment indicated that the quantity of protein was sufficient; however, the quality of protein was inferior to Manitoba wheat. Selection for high protein content among lines with the same sedimentation value and farinogram valorimeter value results in selecting those with the weaker dough properties.

The highly significant positive correlation, namely, 0.749** was obtained between sedimentation value and farinogram valorimeter value in this experiment. As is well known, sedimentation value has a relatively high heritability and the small grain samples are needed for the test. Thus, the sedimentation test seems to be a very useful tool for the quality evaluation of early-generation populations.