

硬質春播小麦における製粉性の 遺伝的統計量と選抜方法

佐々木 宏* 長内 俊一**

Genetic Parameters and Selection Methods for Milling
Quality in Hard Red Spring Wheat Crosses

Hiroshi SASAKI* and Shun-ichi OSANAI**

小麦の3交雑、農林35号×ホクエイ(春播硬質×秋播軟質)、農林42号×北育1号(春播硬質×春播軟質)、農林75号×Thatcher(春播硬質×春播硬質)の54系統を用い、 $F_8 \sim F_{11}$ の4世代ビューラーテストミルによる製粉試験を行ない、製粉性に関与する8形質を調査した。分散分析と親子回帰によって推定したミリングスコア・製粉歩留・灰分移行率の遺伝力は千粒重・容積重・灰分より高く前者の3形質相互間には世代・交雑をとわず密接な遺伝的関連が認められた。容積重と製粉性の関係は交雑によって異なり、硬質×硬質で高かった。これらの遺伝情報と選抜実験に基づき、間接的に容積重によって1/3の選抜が可能であること、その後製粉試験を行ないミリングスコアによって10%の強い選抜が効果的に行なえることを提唱した。

緒 言

原料小麦としては、よい小麦粉が容易に多量にとれる、いわゆる製粉価値の高いことが望ましい。その程度を広義の製粉性(Milling quality)と考える。これに対し皮離れの良否、ふるい抜け等といわれる製粉のし易さを狭義の製粉性と考える。

製粉性に対する検定法はテストミルを用いた製粉試験と、製粉結果から関係の深い原粒性状の諸形質を検定する方法とがある。一定品質の粉がどれだけとれるかという検定方法が理想的であるが、製粉装置の調整と製粉技術に難点があり、当然誤差を伴い易いので、本実験では装置を一定条件にセットして、得られた粉の見かけの歩留とその品質から製粉性の総合判断を行ない、遺伝的統計量として捉えた各種測定形質の相互関係ならびに選抜方法とその効果を検討した。

実験材料および方法

前報^{3,4)}と同様、次の3交雑54系統の $F_8 \sim F_{11}$ の4世代(1964~1967)、北見農試産を材料とした。選抜の経緯ならびに栽培条件の詳細は佐々木、長内³⁾の通

りである。

- 交雑 I 農林 35 号×ホクエイ
(春播硬質×秋播軟質) 17 系統
交雑 II 農林 42 号×北育 1 号
(春播硬質×春播軟質) 18 系統
交雑 III 農林 75 号×Thatcher
(春播硬質×春播硬質) 19 系統

調査した形質は、原粒の容積重、千粒重、ビューラーテストミルによる製粉歩留(比較歩合)、ミリングスコア、灰分移行率(Transferred ash)、原粒および60%粉灰分ならびにパンの色相の8形質である。製粉試験は小麦品質検定方法¹⁾の硬質小麦の基準にしたがった。計算式を示すと次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{製粉歩留} &= \frac{\text{B計} + \text{M計}}{\text{B計} + \text{M計} + \text{大ふすま} + \text{小ふすま}} \times 100 \\ \text{ミリングスコア} &= \text{製粉歩留} + 35 - \frac{\text{ストレート粉灰分} \times 100}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{灰分移行率} &= \frac{\text{原粒灰分} - \text{ストレート粉灰分}}{\text{原粒灰分}} \times \text{製粉歩留} \end{aligned}$$

* 北海道立北見農業試験場 常呂郡訓子府町

** 元北海道立北見農業試験場(現北海道立中央農業試験場稲作部 岩見沢市上幌向)

実験結果

1. 分散分析と遺伝力の推定

4カ年をこみにした分散分析を Table 1 に示した。これによると、すべての形質に年次間と系統間の差が有意である。しかし、交雑間では原粒灰分とパン色相には有意性が認められなかったが、他の6形質では交雑間の差が有意であった。交雑内系統間の差もほとんどの形質で有意性を示したが、交雑Ⅰの粉灰分と交雑Ⅲの千粒重、粉灰分には有意な差は認められなかった。

年次間分散の最も大きいのは製粉歩留、容積重で、ミリングスコアと千粒重がこれにつぎ、灰分移行率と原粒および粉灰分は比較的小さく、パン色相は最も小さかった。つまり、製粉歩留と容積重が年の影響を最も強くうける形質と考えられた。

年次別、世代別の平均値を Table 2 に示した。1966年は容積重・千粒重・製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率が最低で、原粒灰分・粉灰分が最高を示すいわゆる品質不良年であった。つまり年次間の分散を大きくしたのは1966年の値に基づいている。

1964, 1965, 1966の3カ年はいずれも低温年で、とくに1966年は春先の融雪遅延による播種期の遅れ、登熟中の日照不足と多雨が顕著で、子実重もまた4カ年中最低であった。

Table 1, 2 を集約して、交雑間の平均値と分散を比較すると、3交雑間の関係はおおよそ次のとおりである。

	平均値	分散
容 積 重	Ⅲ>Ⅰ	Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ
千 粒 重	Ⅱ>Ⅲ	Ⅱ, Ⅰ>Ⅲ
製 粉 歩 留	Ⅲ>Ⅰ	Ⅱ>Ⅰ>Ⅲ

Table 1. Analyses of variance.

Source of variation	d.f.	Test weight	1,000 kernel weight	Flour yield	Milling score	Transferred ash	Grain ash	Flour ash	Crumb color of bread
Total	215	1848	1644**	30.53**	34.61	14.29	158.16	40.42	92.14
Years	3	98076**	76601**	1430.00**	1308.00**	416.67**	5233.67**	1641.33**	635.00**
Lines	53	1033**	1159**	30.02**	47.60**	22.57**	159.72**	36.85**	189.19**
Among crosses	2	9958**	4640**	215.00**	450.50**	222.50**	145.50**	161.50**	40.00
Cross I	16	784**	1265**	21.19**	30.44**	20.06**	195.63**	29.50	124.81**
Cross II	17	677**	1536**	32.76**	47.65**	17.06**	171.41**	52.35**	268.76**
Cross III	18	548*	319**	14.72**	18.06**	7.78**	118.33**	14.89	187.83**
Error	159	304	391	4.29	6.25	3.49	61.89	17.70	49.55
c. v. %		34.8	12.1	3.2	10.4	4.3	3.1	8.6	7.0
l. s. d. 5%		24	2.8	2.9	3.5	2.8	0.11	0.06	1.0
1%		32	3.6	3.9	4.7	3.7	0.15	0.08	1.3

Table 2. Mean of every generation and cross.

Each year and cross	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	Cross			Mean
Characters	1964	1965	1966	1967	I	II	III	
Test weight g/ℓ	775	775	687	765	730	744	764	750
1,000 kernel weight g	36.1	34.1	27.3	32.2	32.3	33.3	31.7	32.4
Flour yield %	62.6	62.9	58.9	71.1	62.3	63.4	65.7	63.8
Milling score	75.6	75.4	66.8	78.0	71.6	73.4	76.5	73.9
Transferred ash %	46.6	45.7	41.9	48.5	43.9	45.5	47.4	45.7
Grain ash %	1.71	1.64	1.87	1.78	1.74	1.77	1.75	1.75
Flour ash %	0.43	0.45	0.54	0.53	0.50	0.49	0.47	0.49
Crumb color of bread	10.1	10.2	10.2	9.5	10.1	9.9	10.0	10.0

ミリングスコア	III > I	I, II > III	軽いが、製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率のすべてが高く、灰分は低い。逆に交雑 III の分散は最も小さい。このことは交雑 III の両親の特性に負うところが大きいと考えられる。
灰分移行率	III > I	I, II > III	
原粒灰分	n. s.	I > II > III	
粉灰分	I, II > III	II > I > III	
パン色相	n. s.	II < III, I	2 カ年ずつと 4 カ年の分散分析による遺伝力 (h^2), ならびに親子回帰 (b) を Table 3 に示した。

平均値において交雑 III は容積重が重く、千粒重は

Table 3. Heritability percentages based on variance analyses (h^2) and parent-offspring regressions (b).

Characters	h^2				b		
	'64, '65	'65, '66	'66, '67	'64-'67	F ₈ , F ₉	F ₉ , F ₁₀	F ₁₀ , F ₁₁
Test weight	48	32	23	38	57	17	25
1,000 kernel weight	49	42	46	33	80	57	66
Flour yield	69	68	64	60	73	54	69
Milling score	60	61	54	62	90	46	86
Transferred ash	45	60	52	54	73	49	66
Grain ash	62	32	22	28	58	30	48
Flour ash	22	20	34	21	23	18	36
Crumb color of bread	61	31	56	41	56	22	39
Grain yield	-0.2	54	39	22	-0.2	59	40
Grain yield×Sedimentation value	47	76	82	62	51	60	99

Table 3 から原粒性状を示す容積重と千粒重を比べると、親子回帰による遺伝力で千粒重の方が明らかに高い。とくに容積重は交雑と年次によってかなり低い値を示す場合があってやや不安定である（交雑、年次別の表は省略）。製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率の 3 形質を比較すると、いずれも千粒重より高い遺伝力を示すが、この中では灰分移行率が若干低めである。製粉歩留とミリングスコアには大差はないが、分散分析では製粉歩留が高く、親子回帰ではミリングスコアが高い。この 2 形質は収量×Sedimentation value (長内²⁾) と同程度である。

原粒灰分と 60% 粉灰分の遺伝力は、明らかに粉灰分が低く、ほぼ収量並みかそれ以下と考えられる。これに対し原粒灰分はほぼ容積重でいと推定される。パンの色相は千粒重と容積重の間で原粒灰分より高めである。

以上 8 形質の遺伝力の順位を整理すると、

製粉歩留 容 積 重
ミリング > 灰 分
スコア 移行率 > 千粒重 > 原粒灰分 > 粉灰分 > 収量
収量×SV パン色相

となり、直接製粉性に関与する 3 形質が、原粒性状の

2 形質よりも高いことは興味深い。またミリングスコアおよび灰分移行率は前に示した計算式のように、製粉歩留と灰分の複合形質でありながら高い遺伝力を示した。

2. 表現型相関と遺伝相関

F₈~F₁₁ の 4 カ年、3 組合せ 54 系統の共分散分析によって算出した表現型相関と遺伝相関を Table 4 に示した。

Table 4 から表現型相関を見ると、製粉性に関与する 8 形質間の関係は次のように要約される。① 容積重は千粒重および直接製粉性を示す 3 形質に対し正の、灰分に対しては原粒、粉ともに負のそれぞれ高い有意性を示した。② 千粒重は、製粉歩留以外とは容積重と同様な関係を示した。③ 製粉歩留は灰分とは無関係であった。④ ミリングスコアは、パン色相を除いてすべての形質と高い関係が見られた。⑤ 灰分移行率も同様であるが、原粒灰分とは無関係であった。⑥ 原粒灰分と粉灰分は正の高い関係を示した。

一方遺伝相関は、必ずしも表現型相関と同一傾向を示さなかった。すなわち、容積重と千粒重の関係に見られるように 0.643*** から -0.659 と逆転し、製粉歩留とパン色相も -0.247* から 0.652 と逆転した。この

Table 4. Phenotypic and genotypic correlations among several traits concerned with milling quality.

rg	rp	Test weight	1,000 kernel weight	Flour yield	Milling score	Transferred ash	Grain ash	Flour ash	Crumb color
Test weight			0.64***	0.49***	0.72***	0.59***	-0.56***	-0.56***	-0.00
1,000 kernel weight		-0.66		0.17	0.38***	0.30**	-0.48***	-0.51***	0.03
Flour yield		0.62	-0.03		0.80***	0.78***	-0.12	0.01	-0.25*
Milling score		0.60	-0.10	0.92		0.93***	-0.43***	-0.56***	-0.11
Transferred ash		0.45	0.03	0.91	0.97		-0.15	-0.46***	-0.14
Grain ash		-0.24	0.20	-0.20	-0.30	-0.04		0.54***	-0.04
Flour ash		-0.35	0.25	-0.48	-0.83	-0.79	0.37		-0.19
Crumb color		0.33	0.15	0.65	-0.10	-0.08	0.18	0.14	

*, **, *** Significant at the 5%, 1% and 0.1% level of probability, respectively. Phenotypic correlations above the diagonal and genotypic correlations below the diagonal.

理由についてはよくわからないが、おそらく遺伝子型と環境とくに気象条件との交互作用部分が大きかったものと思われる。したがって、先に示した表現型相関からの知見は次のように見直されねばならない。

①容積重は直接製粉性を示す3形質とはきわめて密接で、粉灰分・パン色相ともかなりの関連を示すが、原粒灰分とは見かけほどの強い関連はない。②千粒重はいずれの形質に対しても、容積重との関係に遠く及ばない。③製粉歩留と原粒灰分はやはり弱い関連であるが、粉灰分とはかなり強い。またパン色相と高い正の遺伝相関を示した。④ミリングスコアは千粒重に対して無関係である。⑤灰分移行率と千粒重も無関係である。⑥原粒灰分と粉灰分はあまり強くはないが正の関連を示す。

こうした高い相関のえられた理由は、3交雑、4世代をこみにすることによって、広い変異性を生じたのかもしれない。しかし、実際の生産力検定予備試験段階では1年ないし2年の成績に基づいた選抜が行なわれ、3年ないし4年という長い年月を費すことはまれである。したがって、この実験期間のどの2世代、つまりどの親子の間でも、高い遺伝的関連を示す形質があれば、その利用価値は大きいし、さらに3交雑のすべてにおいて、同一傾向を示しうればきわめて有利である。

こうした考えから詳細に検討した結果（推定値が896の多数におよぶので表は省略する）、確定的に言えることは次の2点である。

④ 直接製粉性を示す製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率の3形質間には3交雑のすべて、およびどの2世代間を通じて、きわめて高い遺伝相関を示す。

⑤ ミリングスコア・灰分移行率と粉灰分の遺伝相関も各世代、各交雑を通じてきわめて高い関連を示す。

以下これまで注目してきた形質間の遺伝的關係も、次の点を考慮しなければならない。

① 容積重と製粉歩留の遺伝相関は、世代よりも交雑によって異なり、とくに交雑IIIにおいて高く、I, IIでは低い。ミリングスコアと灰分移行率に対してはさらに変動が大きい。千粒重、粉灰分、原粒灰分に対しては一層不安定で、交雑、世代によって正負の逆転が見られた。

② 千粒重はいずれの形質に対しても、表現型相関より遺伝相関が低い。

③ 製粉歩留と原粒灰分は交雑IIにおいてのみ高い負の関連を示す。粉灰分とは年次による変動が大きい。パン色相とは交雑Iの異常性が全体に大きく影響した。

④ 原粒灰分と粉灰分は、年次によって変動するがとくに交雑I, IIで正の関連がかなり強い。

考 察

1. 製粉性の3形質

最初に述べたように、広義の製粉性はテストミルによる製粉歩留とえられた小麦粉の品質から総合的に判断される。この場合、小麦粉の品質は皮部混入の程度を灰分によって表わした粉の品位が主体となる。したがって、ミリングスコアは製粉歩留よりも一層合理的な広義の製粉性の指標とすることができる。

本来製粉の目的は、小麦の胚乳部を粉としてとり出し、皮部をふすまとすることであるから、原料小麦のもつ灰分をできるだけ多くふすまへ移行せしめるよう

な製粉技術は、優秀と判断され、そうした原料小麦は皮と胚乳の分離（皮離れ）がよく、製粉性のすぐれていることを示す。このため、灰分移行率は狭義の製粉性の一つの指標とすることができる。

前記の算出式によれば、ミリングスコアは製粉歩留とストレート粉灰分からなり、灰分移行率は製粉歩留とストレート粉灰分ならびに原粒灰分の3成分からなる。もちろん製粉歩留も全粒中に占める胚乳部の割合であって、皮部と胚乳部の相対的関係を示すものである。したがって、これらは製粉性を示す指数であるばかりでなく、複合形質として重要な意味をもっている。

ここで製粉歩留は顕著な系統間差異を示し、年次をこみにした分散分析あるいは毎世代の親子回帰によって60~90%の高い遺伝力を示す遺伝的形質である。粉および原粒の灰分にも系統間差異が有意に存在し、その遺伝力は容積重ないし収量なみと低かったけれども、遺伝的形質であることは間ちがいない。したがっ

て、ミリングスコアおよび灰分移行率は明らかに遺伝的形質である。しかも、その遺伝力は灰分よりも高く、ほぼ製粉歩留でいどと推定された。

このことには二つの重要な意義をもっている。一つは小麦粉の品位を考える場合に、灰分含量による選抜は、その遺伝力からみて困難であること、他の一つはそれにもかかわらず、製粉歩留のほかに粉の品位ないしは皮離れの良否を考慮したミリングスコアや灰分移行率の遺伝力が高いために、製粉性に関する選抜は容易と考えられることである。しかも、製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率の相互関係はきわめて密接であった。このことは、製粉性が広義にも狭義にも製粉歩留によって規定されると考えられる。しかし、製粉歩留が同じならば、ミリングスコアや灰分移行率の高い方が、製粉性の良いことは当然である。

2. 製粉性の選抜効果

4カ年の成績に基づき製粉性について総合判定した上位5系統をTable 5に示した。

Table 5. Best 5 lines of milling quality

Cross No.	Line No.	Test weight	1,000 kernel weight	Flour yield	Milling score	Transferred ash	Grain ash	Flour ash	Crumb color	Remark
II	133	739	32.0	67.5	79.8**	49.5**	1.73	⁽⁻⁾ 0.44**	8.9	A
III	164	771	31.3	67.3	80.5**	49.3**	1.73	⁽⁻⁾ 0.43**	9.3	A
III	173	785	30.1	69.0	79.5**	49.3**	1.67	0.48	9.8	A
III	168	764	29.9	67.0	79.0**	49.0**	1.73	⁽⁻⁾ 0.46*	10.5	A'
III	184	773	31.9	67.5	78.8**	48.8**	1.70	0.47	9.5	A'
Norin No.	75	768	30.4	65.0	73.8	44.8	1.76	0.52	10.9	
Mean of lines	54	750	32.4	63.8	73.9	45.7	1.75	0.49	10.0	

*, ** Significant at the 5% and 1% level of probability in comparison with Norin No. 75.

系統番号「北系133, 164, 173」の3系統は、ミリングスコアと灰分移行率がきわめて優れており、製粉歩留、粉灰分も上位にあることから、製粉性の概評はAと判定された。また「北系168, 184」の2系統はこれにつぐものとしてA'と判定した。

以下述べようとすることは、このように最終データを把握しておき、製粉性の優れた系統の選抜方法を逆にさかのぼって追跡しようというものである。

Table 6 について説明すると、例えば容積重は、F₈~F₁₁のそれぞれ単年度のデータから、全54系統に対し選抜強度10%で上位5系統を選抜すると、その中にTable 5のAおよびA'の5系統のうち、各年それぞれ2, 3, 1, 2系統が含まれた。また選抜強度を

20%にすると、それぞれ3, 4, 3, 4系統が含まれた。同様のことを2世代の平均値に基づいて選抜すると、10%強度では2, 2, 1系統、20%強度では3, 4, 4系統が含まれたという訳である。以下同様の方法によって5形質の選抜を試みた。

こうした見方をすると、Table 6 から容積重、千粒重、原粒灰分の間では、明らかに容積重による選抜効果が高い。しかし、製粉歩留・ミリングスコア・灰分移行率による選抜効果ははるかに優り、とくにミリングスコアは単年度の選抜強度10%でも、A・A' 5系統のうち3~5系統が捉えられた。

また容積重は、2世代のデータに基づいた選抜でも、1世代の選抜に比べてその効果は変らないのに対

Table 6. Selection effect of milling quality.

Selected characters	Selection intensity (%)	Number of best lines						
		Selection based on data of one generation				Selection based on data of two generations		
		F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₈ ·F ₉	F ₉ ·F ₁₀	F ₁₀ ·F ₁₁
Test weight	10	2	3	1	2	2	2	1
	20	3	4	3	4	3	4	4
1,000 kernel weight	20	0	0	0	0	0	0	0
Grain ash	10	1	2	2	1	1	1	0
	20	1	4	4	3	1	3	4
Flour yield	10	3	3	3	2	4	4	5
	20	5	5	5	5	5	5	5
Milling score	10	3	3	5	3	5	4	5
	20	5	4	5	4	5	5	5
Transferred ash	10	3	3	4	2	4	3	3
	20	5	3	5	2	5	5	5

し、ミリングスコアでは選抜効果が拡大され、確実に A・A' の 5 系統全部を捉えている。この原因は遺伝力と遺伝相関のちがひによるものと理解される。

したがって、直接製粉テストを行なう方が効果的なことは明らかである。しかし、多数の系統について製粉テストを行なうには、時間的に限界がある。このため小型のテストミルを使うことも考えられるが、現状では実験室段階での最終的な製粉テストとして、ビューラーテストミルは欠かされないと考えられる。もちろん、ブラベンダーテスト用の多量の 60% 粉を用意することもまた必要である。そこで、できるだけ製粉

材料は少ない方が望ましい。供試系統の選抜淘汰の条件には多くの育種目標が関与するが、製粉性を目標とすることに限れば、製粉テスト以前に容積重による選抜が考えられてよい。Fig. 1 には容積重とミリングスコアの相関図を示した。

Fig. 1 は 4 年分の平均値によったが、前記の上位 5 系統にはそれぞれ系統番号を示しておいた。この図を一見すれば、容積重 760 g/l 以下の系統は不要と見なしてさしつかえない。同じ相関図を毎世代検討すると、おおよそ全体の 2/3 の系統は淘汰可能となった。ただし、この場合 Fig. 1 でも明らかなように、製粉性 A 級の「北系 133」のような系統は捨てられることになる。

以上のことから、広義あるいは狭義の製粉性はともに遺伝力の高い遺伝的形質であって、交雑親の特性に支配されるところが大きい。選抜にあたってはミリングスコアを対象にすれば、1 世代のデータに基づき、選抜強度 10% という強い選抜でも高い効果が期待できる。この時多少の犠牲を覚悟すれば、製粉性と比較的關係の高い容積重によって、製粉テストの以前に、2/3 の系統を淘汰しうから、ビューラーテストミルによる製粉試験は実質的に著しく省力化される。

なお、容積重と製粉性に関連して、YAMAZAKI and BRIGGLE⁵⁾ は容積重の成分のうち、粒の密度は環境に關係し、粒のつまり方 (packing efficiency) に關与する粒形とくに粒の表面の性状は品種に關係するから、容積重の増加を目的とする選抜は、後者の形質を対象にすべきであるとしている。軟質小麦でえられた彼らの知見が、硬質小麦にも適用しうかどうかは未検討である。また製粉性と収量、あるいはパン適性、プラ

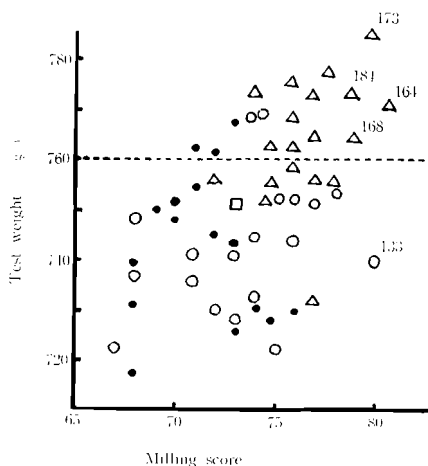


Fig. 1. Correlation between test weight and milling score.

Figures in number represent Kitakei-haru No., and ●: Cross I; ○: Cross II; △: Cross III; □: Norin No. 75.

ベンダー特性との関係，ならびにこれらの総合的選抜方法については次報にゆずりたい。

引用文献

- 1) 農林水産技術会議編 1968：小麦品質検定方法．小麦育種試験における研究結果 35.
- 2) 長内俊一 1964：パン用品種育成の問題点．生研時報 16：49-54.
- 3) 佐々木宏，長内俊一 1969：硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験．第 I 報 選抜形質とパン適性．道農試集報 19：21-35.
- 4) ———，——— 1970：同上．第 II 報 選抜形質の統計量と選抜効果．道農試集報 20：61-72.
- 5) YAMAZAKI, W. T. and L. W. BRIGGLE. 1969: Components of test weight in soft wheat. Crop Sci., 9: 457-459.

Genetic Parameters and Selection Methods for Milling Quality in Hard Red Spring Wheat Crosses

Hiroshi SASAKI* and Shun-ichi OSANAI**

Summary

Generally, milling quality is a broad term used to embody the many factors affecting the milling process. The principal traits are the response of the wheat to conditioning, the millability or reduction of stocks, and the flour yield. They may be influenced genetically and/or environmentally. The purpose of this experiment was to analyze this problem and to investigate a selection method for milling quality in wheat breeding.

The experimental milling was carried out under the standardized procedures using the Bühler Laboratory Flour Mill. Fifty-four lines from three cross hybrids, namely, Cross I, Norin No. 35×Hokuei; Cross II, Norin No. 42×Hokuiku No. 1; and Cross III, Norin No. 75×Thatcher, were examined from F_8 (1964) to F_{11} (1967). Details have been shown in the previous papers. Obtained results were summarized as follows;

Significant differences among crosses and among lines in almost all characters except a few ones were found (Table 1). Percentages of heritability by means of variance analyses and parent-offspring regressions were estimated, namely, milling score and flour yield, 60-90; transferred ash, 50-70; 1,000-kernel weight, 30-70; test weight, grain ash, and crumb color of bread, 20-60; and flour ash, 20-40 respectively.

Mutual genetic relations among flour yield, milling score, and transferred ash were surprisingly high (Table 4). Genetic correlations between test weight and the three characters mentioned above were comparatively high, and differences were found among the crosses.

The effect and intensity of selection for milling quality were ascertained. Consequently, the selection based on the milling score was the most effective; however, the milling test was too time-consuming in the case of handling numerous lines. The selection based on test weight was more effective than those based on 1,000-kernel weight and grain ash (Table 6). As seen from Figure 1, it was obvious that the 2/3 lines of lower grade in test weight show an undesirable milling score and the 1/3 lines of upper grade seems to be desirable. In this case, 20% of the desirable lines on milling quality may be discarded. Thus, the number of lines available for the milling test should be reduced to 1/3 of the whole line materials.

A proposed procedure of selection for milling quality is as follows;

- 1) Firstly, 1/3 of the whole lines should be selected indirectly, based on the test weight.
- 2) Afterwards, 10% of the lines should be selected directly, based on the milling score.

By means of the procedures proposed above, selection in a given generation at a time is effective enough to get desirable lines with a high milling quality.

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, Japan.

** Ibid. (now Rice Crop Division, Hokkaido Central Agricultural Station, Iwamizawa, Hokkaido, Japan.)