

硬質春播小麦のパン適性と収量の選抜実験

第Ⅱ報 選抜形質の統計量と選抜効果

佐々木 宏[†] 長内 俊一^{††}

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

II. Genetic Parameters and Selection Effect of Several Quality Characteristics or These Indices

Hiroshi SASAKI & Shun-ichi OSANAI

パン適性に関与する諸形質ならびに指数の遺伝的統計量を推定し、これを用いてパン適性と収量に対する選抜効率と選抜強度を実験的に追跡した。収量×Sedimentation value 2か年の成績から強い選抜が可能となり、最も有望な3系統が確実にとらえられた。その1系統は新品種に採用されたが、これらの知見により、硬質春播小麦におけるパン用多収品種の育種方式について試案を示した。

I 緒 言

前報では、パン用良質品種の育成を目的にした多数系統の選抜にあたり、対象とする選抜形質とパン適性の関係を検討し、胚乳の結晶粒子・蛋白含量・Sedimentation value・ファリノグラムのValorimeter valueについて選抜基準を設定した。いずれもパン総点とはかなり高い正の連関を示したが、その程度は組み合わせによって異なり、パン適性のすぐれた系統は一定の蛋白含量があれば、それ以上は蛋白の質(鉄質)によるところが大きかった。そのため、蛋白の質を反映し、操作の簡単なSedimentation testが初期世代におけるパン適性の選抜に有用な方法であるとした。

さらに重要なことは、パン用良質と多収性の結

合にある。本報ではパン適性に関与する諸形質ないしは指数について遺伝的統計量を推定し、これらを用いた選抜によって、パン適性と収量に対する選抜効果と選抜強度を実験的に追跡し、パン用多収品種育成の効率化をはかろうとした。

II 材料と方法

(交雑Ⅰ)硬質春播小麦農林35号×ホクエイ 17系統

(交雑Ⅱ)硬質小麦農林42号×北育1号 18系統

(交雑Ⅲ)春播小麦農林75号×Thatcher 19系統
標準品種 春播小麦農林75号

詳細は第Ⅰ報のとおりである。

III 実験結果

1 遺伝力および遺伝的進歩

2か年ずつの分散分析に基づく遺伝力(h^2)と、3通りの親子回帰(b)を推定したのがTable 1である。

[†] 北見農業試験場

^{††} 中央農業試験場(元北見農業試験場)

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、同年10月北農会研究発表会に発表。

Table 1 Heritability percentages of several quality characteristics, yield $\times$ sedimentation value, and yield $\times$ protein estimated by the analyses of variance (h^2) and regressions (b)

	h^2			b		
	'64, '65 F ₈ , F ₉	'65, '66 F ₉ , F ₁₀	'66, '67 F ₁₀ , F ₁₁	'64, '65 F ₈ , F ₉	'65, '66 F ₉ , F ₁₀	'66, '67 F ₁₀ , F ₁₁
Percentage of vitreous kernel	76	46	25	63	6	27
Wheat protein content	79	62	44	65	50	58
Sedimentation value	76	82	85	93	(101)	74
Farinogram valorimeter value	72	80	77	72	81	73
Bread score	23	47	58	26	44	50
Yield	(-2)	62	65	(-2)	59	45
Yield $\times$ Sedimentation value	46	76	81	52	60	99
Yield $\times$ Protein	(-7)	60	46	(-6)	55	51

Table 1 によれば、硝子率は年次による変動はげしく、これは集団全体の硝子率が高く、遺伝分散の小さいことにもとづいている。ほかの形質はいずれも収量より高く、とくに Sedimentation value (以下 SV と略称する) やファリノグラムの Valorimeter value (以下 VV と略称する) はパン総

点や蛋白含量より高く推定された。さきに長内 (1964)⁹⁾ が提唱した指数、収量 $\times$ SV は収量 $\times$ 蛋白よりはるかに高く、パン総点、収量よりも高かった。

上位 5 系統 (1 組み合わせの約 25 % に相当) について、SV の遺伝的進歩を組み合わせごとに、2 世代ずつみたのが Table 2 である。ここで予想量の遺伝力には、2 世代ごとの親子回帰 (b) を用いた。

Table 2 によれば、全体として予想量と獲得量はかなりよく一致している。また獲得量には組み合わせ間に差が認められ、交雑 I にくらべると交雑 III は明らかに高い。このことは硬質品種同志の組み合わせで遺伝的進歩の大きいことが考えられる。

つぎに最初の世代 F₈ (生産力検定予備試験 1 年目) で一度だけ、SV について合計 54 系統中上位 10 系統 (18.5 % に相当) を選抜した場合、後代 3 世代にわたる遺伝的進歩をみたのが Table 3 である。

Table 3 によれば、予想量よりも実際の獲得量が大きかった。したがって SV の遺伝力は Table 1 に示したよりも高く考えてよさそうである。

2 パン適性に対する選抜効率

前報では、パン適性とこれに関与する形質との関係を調べ、それぞれかなり高い相関がえられた。ここでは、実際にそれらの形質を用いて選抜したとき、パン適性のすぐれた系統がどれだけえられ (選抜効果)、その時全体の何パーセントの系統を選んだらよいか (選抜強度) を検討した。

Table 2 Genetic advances for sedimentation value based on the upper 5 lines selected from the each cross in every generations

Cross		F ₈ , F ₉	F ₉ , F ₁₀	F ₁₀ , F ₁₁
I	Predicted gain	1.7	4.7	3.5
	Actual gain	2.0	10.3	3.2
II	Predicted gain	10.2	12.8	11.2
	Actual gain	12.3	13.2	8.4
III	Predicted gain	9.7	11.9	16.0
	Actual gain	13.1	11.5	16.2

Table 3 Genetic advances for sedimentation value based on the upper 10 lines selected once from three crosses in F₈ generation

	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
Mean of population 54 lines	61.2	60.7	46.6	55.1
Mean of selected 10 lines	72.5	72.0	60.6	66.0
Selection differential (i)	11.3	11.3	14.0	10.9
Predicted gain ($b \times i$)		7.7	9.6	9.4
Actual gain		11.3	14.0	10.9
Percentage of increment for population mean		15	25	20

パン適性のすぐれたものは、パン総点の高いものと考え、4か年のパン試験にもとづき判定した。しかし、実際に行なわれる多数系統の選抜操作は1年ないし2年の結果にもとづくし、品質も年により少なからず変動する。これらのことを考慮して、以下机上での選抜結果を最終データのパン総点と比較した。

すでに述べたように(前報 Fig. 4)、供試系統のパン総点はA~Eの5群に分類され、「農林75号」はB群に属した。したがって、A・B群に属する24系統は「農林75号」なみか、それ以上のパン適性を示すものとみられ、現状ではほぼ満足してよい水準である。

(1) 系統栽培の原粒蛋白による選抜

系統栽培を行なったF₇世代の蛋白含量とパン概評の頻度分布をTable 4に示した。

Table 4によれば、系統栽培のためいずれも高蛋白で、15%以上を示したものが49系統あった。「農林75号」以上の系統を選抜すれば、49系統全部をとることになる。このうち22系統はA・B群に属するから選抜効果は45%となるが、この場合の選抜強度は91%で全く選抜の余地がなかつた。

Table 4 Relation between wheat protein content and bread baking quality in F₇ lines

General remarks of bread	Protein content (%)					Total
	14	N75 15	16	17	18	
A		2				2
B	2	8	5	5	2	22
C	3	11	10	1	1	26
D		1	2			3
E		1				1
Total	5	23	17	6	3	54

た。

(2) SVによる選抜

Table 5には、SVの高かった1964年(F₈)と、低かった1966年(F₁₀)の場合を示した。両年とも「農林75号」のSVを基準に選抜すると、SVの低い年の方が選抜条件の有利なことがうかがわれる。それにしても選抜強度は50%であるから、強い選抜ができないことを示している。

(3) ファリノグラムのVVによる選抜

各世代ごとの選抜効果と選抜強度をTable 6に示す。

Table 5 Relations between sedimentation value and bread baking quality in F₈ or F₁₀ generation

General remarks of bread	Sedimentation value (ml)											
	F ₈ (1964)					F ₁₀ (1966)						
	40	50	N75 60	70	Total	20	30	40	N75 50	60	70	Total
A				2	2				1	1		2
B		4	1	17	22		5	3	3	8	3	22
C	3	5	9	9	26	1	4	10	4	4	3	26
D	1	2			3	1	2					3
E			1		1		1					1
Total	4	11	11	28	54	2	12	13	8	13	6	54
Selection effect (%)	51					60						
Selection intensity (%)	72					50						

Table 6 Selection effect and intensity based on the farionogram valorimeter value

Selected generation	F ₈ 1964	F ₉ 1965	F ₁₀ 1966	F ₁₁ 1967
Selected criterion	above 50	above 60	above 50	above 55
Selection effect (%)	50	61	46	54
Selection intensity (%)	44	43	52	52

Table 7 Selection effect and intensity based on two characteristics with the crystalloidal property and the sedimentation value

Characteristics	Crystalloidal property	Sedimentation value ml.	Crystalloidal property	Sedimentation value ml.
Selected generation	F ₈ (1964)	F ₈ (1964)	F ₈ (1964)	F ₁₀ (1966)
Selected criterion	+++	above 60	+++	above 50
Selection effect (%)	60		69	
Selection intensity (%)	50		30	

Table 8 Phenotypic and genotypic correlations between several quality characteristics and grain yield

	Percentage of vitreous kernel	Wheat Protein content	Sedimentation value	Farinogram valorimeter value	Bread score
rP	-0.094	0.029	0.140	0.011	0.065
rG	-0.208	-0.519	-0.568	-0.479	0.002

Table 6によれば、1965年のようにVVの高い年の方が選抜条件は有利となる。また選抜効果ではSVと大差ないが、選抜強度はややまざった。

(4) 硬質結晶粒子とSVによる選抜

ここでは検定の容易な2形質による選抜を考えた。

Table 7には、硬質結晶粒子が多く、SVも高い年の場合(F₈)と、2世代にまたがる硬質結晶粒子の多い年(F₈)とSVの低い年(F₁₀)2か年での選抜結果を示した。選抜効果、選抜強度ともに後者ははるかにまざった。

以上2～3の方法で、直接パン試験を行わずに、間接的にパン適性に対する机上の選抜を試みたが、結果的にはパン適性との相関が比較的高いこれらの形質でも、期待したほど高い選抜効果や選抜強度はえられなかった。とくに系統栽培での蛋白含量による選抜は無意味であったし、検定操作のむずかしいファリノグラフを用いた選抜もさほどの効果を示さなかった。むしろ検定が容易なだけ硬質結晶粒子やSVの選抜が有利であった。

こうした間接選抜で注意を要することは、これらの形質の遺伝力がいずれもパン総点の遺伝力より高いために(Table 1)、本来パン適性のすぐれた系統の選抜を目的としながら、ややもすれば選抜形質自体の選抜におき代えられる危険性のあることである。多数系統の選抜過程では、通常年に

おける選抜強度は50%におさえ、test yearに遭遇し、硬質結晶粒子とSVの2形質を2世代で選抜する場合(Table 7)でも、選抜強度は30%が限界となるであろう。

3 パン適性と収量の関係

4か年の成績にもとづき、パン適性に関与する諸形質ないしは指数と収量の表現型および遺伝相関をTable 8, 9に、パン総点(KBrO₃添加テスト)と収量の相関図をFig. 1に示した。

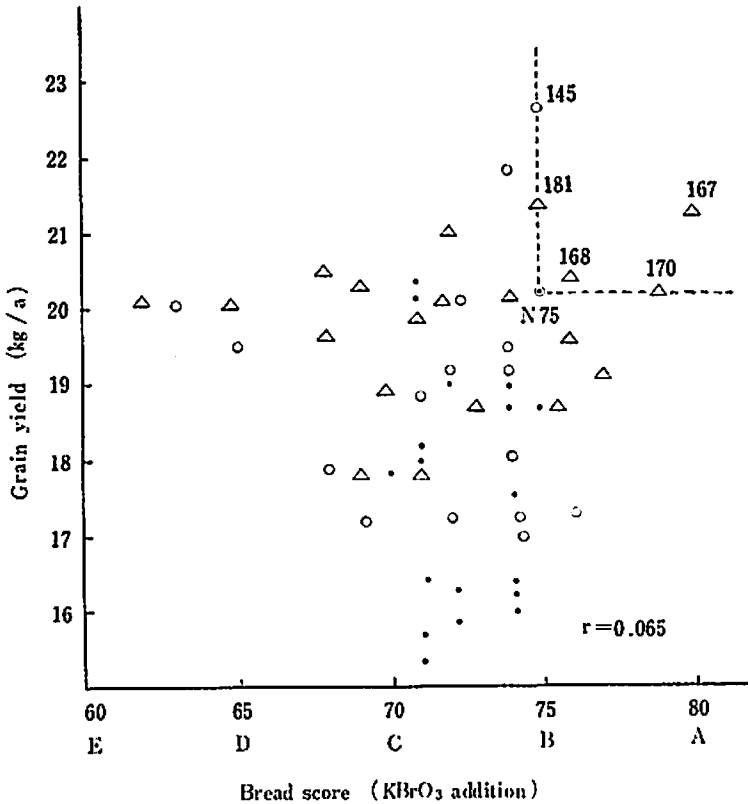
Table 8およびFig. 1によれば、パン総点と収量の間には全く関係が認められなかった。ほかの形質と収量の相関も表現型的には弱かったが、遺伝的にはかなり強い負の連関を示した。

Table 9にみられるように、収量×SVはパン総点とも、収量とも正の相関が強く、両者を結びつける有力な指数である。これに対し収量×蛋白は蛋白含量より収量によって大きく規正されるため、収量との関係は密接であるが、パン総点とは

Table 9 Inter-correlations between yield×sedimentation value and yield×protein, and bread score and yield

	Yield × sedimentation value		Yield × protein	
	rP	rG	rP	rG
Bread score	0.296	0.634	0.085	0.211
Yield	0.696	0.760	0.921	0.762

Fig. 1 Scatter diagram for a plot of the bread score and grain yield of four-years mean for 54 lines in three crosses



Figures in number represent Kitakei-haru No.,

and •, cross I; ○, cross II; △, cross III; •, Norin No. 75

ほとんど無意味である。

Fig. 1 で、「農林 75 号」を原点とする第 1 象限に属する 5 系統は、パン総点、収量ともに超越型と考えられるが、とくに「北系春 145」と「北系春 167」はすぐれた系統である。

4 パン適性と収量の同時選抜

ここでも、前章（パン適性に対する選抜）で行なったと同様な手法によった。すなわち、Fig. 1 のように最終データをは握しておき、パン適性と収量の超越型系統を確実に選抜できるような方法を逆にたどって追跡した。

一般に収量の選抜は、生産力検定予備試験の 1 年目ないしは 2 年目で行なわれる。このとき、多収・良質系統を選んで捨てないためには、収量とパン適性諸形質に見られる負の遺伝相関から、どちらかにかたよった選抜は危険である。そのため収

量とパン適性の両方を満足させる選抜形質として収量×SV の指数を用い、1964 年 1 年目の生検予試にあてはめ、その頻度分布を示したのが Table 10 である。

「農林 75 号」の指数 140 を基準にして選抜すれば、

	選抜効果%	選抜強度%
パン	59	40
収量	45	41

となる。

さらに、1964 年と 1965 年、生検予試 2 年について同様な選抜を行ない、その頻度分布を Table 11 に示した。

Table 11 で明らかなことは、※印の超越型系統が「農林 75 号」を中心に 2 分されたことである。もちろんこのことは結果論であるが、収量×SV

Table 10 Bread baking quality and yield based on the selection for yield $\times$ sedimentation value in the first preliminary performance test (F_8 , 1964)

General remarks of bread	Yield $\times$ sedimentation value						Total
	80	100	120	N 75 140	160	180	
A					** 2		2
B	1	1	* 9	** 8	2	1	22
C	2	9	8	5	2		26
D	2			1			3
E				1			1
Total	5	10	17	15	6	1	54

Grain yield kg/a	80	100	120	N 75 140	160	180	Total
15			1	1	1		3
17		4	7	5	1		17
19	2	3	6	5	1	1	18
21	3	2	* 4	* 3	** 3		15
23				* 1			1
Total	5	9	18	15	6	1	54

* indicates No. of transgressive lines, and N 75 is Norin No. 75.

Table 11 Bread baking quality and yield based on the selection of two-years mean of yield $\times$ sedimentation value in the first and second preliminary performance tests (F_8, F_9 ; 1964, 1965)

General remarks of bread	Yield $\times$ sedimentation value						Total
	80	100	120	N 75 140	160		
A					** 2		2
B		** 3	6	8	* 5		22
C		7	11	7	1		26
D	1	2					3
E			1				1
Total	1	12	18	15	8		54

Grain yield kg/a	80	100	120	N 75 140	160		Total
15			2	1			3
17		2	7	8			17
19		5	5	4	4		18
21	1	** 5	4	2	** 3		15
23					* 1		1
Total	1	12	18	15	8		54

の変異から気がつくことは、指数 160 を基準にした選抜の考えられることである。この時、選抜効果と強度は

	選抜効果%	選抜強度%
パン	88	15
収量	50	15

となり、生検予試 1 年目にくらべると、はるかに強い選抜にかかわらず、パンと収量の選抜効果は高くなった。

以上の選抜は、収量×SV がパン総点と収量の両方に遺伝的連関の強いことにもとづくものであるが、主として収量の遺伝力が低いために (Table 1), 1 年目の生検予試では比較的弱い選抜が必要であり、2 年目の成績があれば、相当に強い選抜が可能なことを示している。

IV 論 議

長内 (1964)⁹⁾ は、カナダおよびアメリカの硬質春播小麦主要品種と、当時の育成系統約 30 を用い、2~3 年にわたってかなり広範に品質に関する諸形質の統計量を推定した。これらの推定値と雑種集団のそれを比較することも本報の目的の 1 つであった。

蛋白含量・収量×蛋白の遺伝力はほとんど一致したが、SV・VV・収量・収量×SV は品種でえたよりも高く、パン総点のみが低かった。しかし、

これらの順位はよく一致した。すなわち、SV は蛋白含量より高く、収量×蛋白、収量×SV はいずれも収量やパン総点より高く、また収量×SV は収量×蛋白より高かった。

蛋白含量の遺伝力については、これまでも多くの研究があり、SV についても近年遺伝力が推定されるようになった。既往の結果を整理したのが Table 12 である。

本実験では、蛋白含量・SV とともに年次による変動が少なく、比較的安定した高い遺伝力を示した (Table 1)。供試材料が後期世代でよく固定していたことや、集団内の系統間に遺伝的変異が豊富であったことが考えられる。それにしても SV の遺伝的進歩は顕著であった (Table 2, 3)。とくに F_8 世代で一度だけ選抜した場合の遺伝的進歩を、各後代の集団平均値に対する比率でみると、 F_9 ・ F_{10} ・ F_{11} それぞれ 15, 25, 20 % の向上を示した。SOSULSKI and KAUL¹⁰⁾ は 2 組み合わせて、23.8 % および 10.7 % の進歩を期待しているが、かなりよく一致したといえる。

これらの結果を総合すると、推定方法や材料は異なるが、SV の遺伝力は蛋白含量より高いことは確定的と考えられる。

LEBSOCK et al (1964)⁷⁾ は、春播小麦の F_3 と F_6 および F_3 と F_6 で、ファリノグラフを用い Mixing tolerance の遺伝力を 63 % および 87 % と推定

Table 12 Heritability percentages of protein content, sedimentation value and farinogram characteristics

Characteristics	Heritability		Material	Observer
	Narrow sense	Broad sense		
Protein	68—83		Winter wheat	STUBER et al (1962 a)
"		65	"	HAUNOLD et al (1962 a)
"		25—58	"	" (1962 b)
"		37, 70	(green house)	
Sedimentation value		56, 60	Spring wheat	LEBSOCK et al (1964)
Protein	44—46		"	"
Sedimentation value	79—92		"	KAUL & SOSULSKI (1964)
"	90, 50		"	"
Protein		15, 24, 26	"	SOSULSKI & KAUL (1966)
Sedimentation value		64, 44, 44	"	SUNDERMAN et al (1965)
Mixing tolerance		63, 87	"	"
				LEBSOCK et al (1964)

した。ファリノグラムについては種々の読みとり方があり¹⁾、詳細は次報で検討するが、ブラベンドー特性に関する遺伝的統計量を扱った研究は少ない。長内²⁾によれば *Mixing tolerance* に近い *Stability* の遺伝力は VV なみに推定されている。本実験でも VV の遺伝力は 72~81% で、LEBSOCK et al³⁾ の *Mixing tolerance* とよく一致する。

前報では、硬質結晶粒子を 2 か年平均で多または極多の系統を選抜すれば、そのうちの半数系統は「農林 75 号」なみかそれ以上のパン適性を満足するとした。したがってこの場合の選抜効果は 50% であった。また本実験の材料は F₂ 世代の系統選抜で、硬質結晶粒子について上位 1/2 を選抜してあるので、選抜強度はすでに 50% であった。選抜効果と選抜強度は互いに逆の関係にあり、効果を高めようとすれば弱い選抜となり、強い選抜をすれば有望系統を失うチャンスが多くなる。したがって効果および強度が 50% ということは、半数の系統を選抜すれば、そのうちの半数は満足されることで、かなり効果的な選抜を意味する。これを基準にして蛋白含量の場合をみると、少なくとも系統栽培では選抜の余地がなかった (Table 4)。VV の場合、単年度の選抜で最も高かったのは F₂ 世代の選抜効果 61%、選抜強度 43% で、期待するほど効果的とはいえなかった (Table 7)。また SV の場合も VV 程度であった。しかし、硬質結晶粒子と SV の 2 形質を対象にした場合は、単独形質での選抜よりも効果・強度ともに向上し、最高はそれぞれ 69% と 30% を示した (Table 6)。しかもこの場合は選抜の世代が異なっていた。このことは、個体選抜で硬質結晶粒子を対象にし、系統選抜で SV を対象にすることも考えられる。

収量と品質は、多くは負の関係にあるが、製粉性に関与する形質や粉色は正の関係で、蛋白含量をはじめとする二次加工適性は大部分負の関係が密接である^{9) 8) 15)}。しかしこれらの関連の程度は多様で、長内・佐々木 (1965)¹⁰⁾ は、多窒素と灌水によって蛋白含量と収量の負の遺伝相関が、正の遺伝相関に変化した事例をあげているし、HAUNOLD et al¹¹⁾ は土壌窒素が関作用を示すとしてい

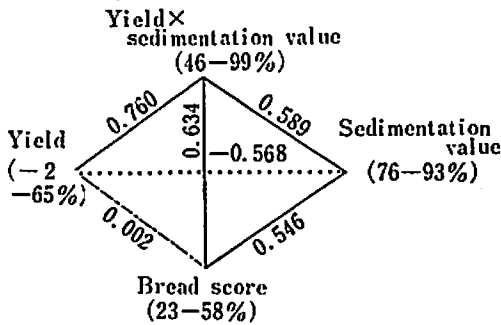
る。

本実験では、収量との間に表現型的に負の相関を示すものはなかったが、蛋白含量・SV および VV と収量間には負の遺伝相関がかなり強かった。しかしパン総点とは 0.002 で負にはならなかった (Table 4)。品種を用いた実験でも⁹⁾ 正の低い遺伝相関 (0.137) を示したが、パン体積との間には -0.443 とかなり高い負の遺伝相関がえられている。またパンの色相と収量の間には正の遺伝相関 (0.505) をえているので、外観、内相の総合得点であるパン総点は、結果的に相殺されて無関係となったにちがいない。したがって、パン総点を用いた直接の選抜は、蛋白含量・SV および VV 等を単独に用いた間接の選抜よりも、多収系統をえるためには効果がまさる。しかし、パンの評価を十分にするためには、*Micro baking test*¹²⁾ では内相の評価がむずかしく、パン体積にウェイトがおかれるだろう。これは逆に収量とは負の連関が強いから、初期世代の選抜には慎重を要することになる。

収量×SV は、蛋白の量と質を考慮した一種の蛋白生産量として考えられた指数であるが、収量×蛋白含量のように蛋白生産量そのものを表わすものに比べ、その意味はあいまいである。したがって単なる指数として考えた方がよい。Table 5 で示したように、パン総点と収量に対して、それぞれ 0.634, 0.760 と高い遺伝相関を示したことは注目してよいと思われる。品種を用いた場合は⁹⁾、それぞれ 0.402, 0.671 であったから、かなり安定した遺伝相関を示すといえる。4 形質の相互関係を一括すると Fig. 2 のようになる。この図はパン用多収品種の選抜法に明確な指針を与えるものと思う。

以上の遺伝的背景の下で、収量×SV を用いて、最初の生検予試 1 か年と、次の年の 2 か年で収量とパン適性の机上選抜を行なった。1 年目の結果は SV によるパン適性の単独選抜と変わりなかった。1 年目と 2 年目はよく経験するように、系統の収量順位が逆転し、収量の遺伝力は負の値を示した (Table 1)。このため Table 11 のように超越型の 5 系統が 2 分されたが、最も有望な 3 系統

Fig. 2 Genetic correlations among the main four characteristics and their heritabilities



は強い選抜にかかわらず捨てられる危険は全くなかった。換言すれば、この程度の卓越性を示す系統が集団内に存在すれば、2か年の平均値にもとづき、15%の選抜強度にも耐えられることになる。

パン適性に対する初期世代の選抜に、硬質結晶粒子の検鏡と Sedimentation test が有効なこと

はすでに述べた。SOSULSKI and KAUL¹³⁾は Geddes and Frisell experimental flour mill を用い、春播小麦で1株の種子を製粉してSVの遺伝分析を行なった。したがって、硬質結晶粒子とSVを同時に個体選抜に用いることも可能である。しかし本実験を通じて、SVはむしろパン適性と収量の同時選抜に重要な意味をもつことが明らかとなった。このため、早期の世代から、小規模で精度の高い収量試験の行なえることが望ましい。FREY (1965)²⁾はエンバクを用いて30万点におよぶ hill-plot 試験を行ない、1区30 cm²に30粒を播種し5回反復すれば、収量で普通栽培3反復と同じ精度を確保できるとしている。

この方法をとれば、系統育種法ならF₃とF₄おそくともF₄とF₅の2か年で、パン用多収系統の選抜が可能となる。化学分析・製粉・粉色の各試験はその後の世代で、供試系統をしばってから行なう方がよい。いわゆる生産力検定予備試験の2

Table 13 A proposed model of breeding for good baking quality with high yield in a hard red spring wheat

Year	Generation	Trial	Planted			Selected	Method of selection and selecting traits
			No. of families	No. of lines	No. of plants	No. of plants or lines	
1	cross						a good hard spring wheat variety should be used as a parent
2	F ₁				20	20	
3	F ₂	Growing population			2,000		mass selection for specific gravity
4	F ₃	ditto			5,000		ditto
5	F ₄	ditto			10,000		ditto
6	F ₅	Individual selection			10,000	200	quality of visual kernel, much crystalloidal particles selection based on sedimentation value, if possible
7	F ₆	Line selection		200		100	yield test of small-scale like hill-plots, low intensity of selection for yield × sedimentation value
8	F ₇	Preliminary performance test	100	400		40	high intensity of selection for yield × sedimentation value
9	F ₈	ditto	40	200		20	chemical analysis, flour color, milling quality, and farinograph analysis
10	F ₉	Performance test	20	100		10	ditto, Brabender test, and bread baking test
11	F ₁₀	ditto	10	100		5	ditto
12	F ₁₁	ditto	5	50		1–2	ditto

年目ないしは生産力検定試験に入ってから、本格的なブラベンダーテストおよびパンテストを継続する。後藤 (1961)³⁾ の提案した高脂肪大豆の育種法を参照して、パン用多収品種の育種方式について集団育種法の場合の試案を示すと Table 12 のようになる。

この試案の特徴は、原粒蛋白についての初期世代の選抜をやめ、全面的に SV におきかえたことである。もちろん、遺伝力の低い収量とパン用良質遺伝子の recombination をはかるためには、個体選抜は後期世代が望ましい。また集団育種法による集団養成中の集団選抜法としては、佐々木ら (1967)¹¹⁾ の提唱した比重選を累代実施すべきである。

なお、本実験を通じて選抜育成された「北系存 145」は「北見春 17 号」の配付系統名で各種試験を重ね、昭和 44 年 1 月北海道農業試験会議、同年 3 月北海道種苗審議会、同年 8 月農林省総括検討会議をへて、同年 11 月「ハルミノリ」と命名され、「小麦農林 111 号」として登録された。

摘 要

前報と同じ春播小麦の 3 組み合わせ、54 系統の 4 か年の成績にもとづき、パン適性に関与する諸形質の遺伝的統計量を推定するとともに、これらの形質ないしは指数を用いて選抜した場合の、パン適性ならびに収量に対する選抜効果と選抜強度を実験的に確かめた。試験の結果明らかになったことは次のとおりである。

1. 分散分析と同帰による遺伝力は、硝子率、6~76 % ; 蛋白含量、44~79 % ; SV, 76~93 % ; VV, 72~81 % ; パン総点、23~58 % , 収量 1~65 % と推定され、SV が最も高かった。
2. 収量×SV の遺伝力は 46~99 % で、収量×蛋白・パン総点・収量よりも高かった。
3. SV について毎代上位約 25 % の選抜による遺伝的進歩は、予想獲得量を上回った。また F₈ 世代で上位 18 % の選抜による遺伝的進歩は、その後 3 世代にわたって、集団平均値に対し 15~25 % の向上を示した。
4. SV および VV を用いた選抜によって、「農林

75 号」程度かそれ以上のパン適性を満足する選抜効果は 50~60 % , 選抜強度は約 50 % であった。系統栽培の蛋白含量は選抜の余地がなかった。

5. 硬質結晶粒子と SV の 2 形質で選抜した場合は、それぞれ単独の場合よりも効果的で、最高は選抜効率 69 % , 選抜強度 30 % を示した。

6. 収量との遺伝相関は、蛋白含量、-0.519 ; SV, -0.568 ; VV, -0.479 で強い負の連関を示したが、パン総点との間には関係がなかった (0.002)。

7. 収量×SV は、パン総点および収量の両方に正の相関を示したが (0.634, 0.760), 収量×蛋白は収量に対してのみ高く (0.762), パン総点とは低かった (0.211)。

8. 1 年目の生産力検定予備試験で、収量×SV により選抜すると、「農林 75 号」なみかそれ以上のパン適性と収量を満足する系統の選抜効果は 50 % , 選抜強度は 40 % であった。

9. 生検予試 2 か年平均にもとづいて選抜すると、選抜効果はパン総点に対し 88 % , 収量に対して 50 % と高く、選抜強度はともに 15 % で、強い選抜にかかわらず最も有望な 3 系統は安全に選抜された (Fig. 1)。

10. 以上の知見から、硬質春播小麦におけるパン用多収品種の育種方式について試案を示した (Table 13)。この案の特徴は、硬質結晶粒子と SV で個体選抜ないし系統選抜を行ない、早期に小規模ではあるが十分反復をとった精度の高い収量調査を行なう一方、収量×SV を用いて、パン適性と収量を同時に選抜しようとするものである。

参考文献

1. A. A. C. C., 1960; The Farinograph Handbook. Amer. Assoc. Cer. Chem., Inc.
2. FREY, K. J., 1965; The utility of hill plots in oat research. Euphytica 14, 2, 196-208.
3. 後藤寛治, 1961; 高脂肪大豆の育種について, 作物の育種研究体制に関する研究, 農業技術協会, 65-77.
4. HAUNOLD, A., V. A. JOHNSON, & J. W. SCHMIDT, 1962a; Variation in protein content of the grain in four varieties of *Triticum aestivum* L. Agron.

- J., 54, 121—125.
5. ———, ———, & ———, 1962 b; Genetic measurements of protein in the grain of *Triticum aestivum* L. Agron. J., 54, 2, 203—20.
 6. KAUL, A. K., & F. W. SOSULSKI, 1964; Inheritance of two quality components in a spring wheat cross. Cana. J. Genet. Cytol. 6, 3, 240.
 7. LEB SOCK, K. L., C. C. FIFIELD, G. M. GURNEY, & W. T. GREENAWAY, 1964: Variation and evaluation of mixing tolerance, protein content, and sedimentation value in early generation of spring wheat, *Triticum aestivum* L. Crop Sci., 4, 2, 171—174.
 8. MIDDLETON, G. K., C. E. BODE, & B. B. BAYLES, 1954; A comparison of the quantity and quality of protein in certain varieties of soft wheat. Agron. J., 46, 11, 500—502.
 9. ———, 1964; パン用品種育成の問題点, 生研時報, 16, 49—54.
 10. 長内俊一, 佐々木宏, 1965; 遺伝相関の栽培条件による変化—多窒素, 灌水処理による小麦の収量と蛋白質—育種, 15, 3, 215.
 11. 佐々木正剛ほか, 1967; 良質小麦の育成方法, とくに育成環境と比重選の効果, 第2報, 原粒性状と小麦粉の品質, 北農試業報, 91, 14—25.
 12. SHELLENBERGER, J. A., M. SHOGREN, & H. H. LAUDE, 1958; Microtechnics applied to wheat quality evaluation. Agron. J. 50, 2, 151—153.
 13. SOSULSKI, F. W. and A. K. KAUL, 1966; A note on the inheritance of sedimentation value in two wheat crosses. Cereal Chem., 43, 5, 623—625.
 14. STUBER, C. W., V. A. JOHNSON, & J. W. SCHMIDT, 1962; Intraplant and interplant variation of grain protein content in the parents and the F_1 of a cross of *Triticum aestivum* L. Crop Sci., 2, 4, 286—289.
 15. SUNDERMAN, D. W., M. WISE, & E. M. SNEED, 1965; Interrelationships of wheat protein content, flour sedimentation value, farinograph peak time, and dough mixing and baking characteristics in the F_2 and F_3 generation of winter wheat, *Triticum aestivum*. Crop Sci., 5, 6, 537—544.

Summary

According to the results of a previous paper, it was concluded that the sedimentation test may prove to be a useful tool in selecting for bread baking quality in early generations. The studies reported here were undertaken to get information on an effective model of breeding for high bread baking quality with high grain yield. Therefore, the genetic parameters were estimated on the several component characteristics of bread baking quality and some indices, based on the same materials in the previous paper. Furthermore, the selection effect and intensity for the bread baking quality and grain yield were ascertained, in the cases used indirect selections for the given characters were from F_8 to F_{11} generations.

Heritability percentages by the analyses of variance and regressions were as follows: percentage of vitreous kernel, 6—76 %; wheat protein content, 44—79 %; sedimentation value, 72—81 %; bread score, 23—58 %; yield, (—)2—65 %; yield $\times$ sedimentation value, 46—99 %; and yield $\times$ protein, (—)6—60 %. Herein, heritability of sedimentation value was the highest, and yield $\times$ sedimentation value was fairly high comparing yield $\times$ protein, bread score, and yield (Table 1).

Genetic advances in the sedimentation value made by selecting the upper 25 % lines in each cross exceeded the predicted gain (Table 2). Likewise, the genetic advance made by the selection of the upper 18 % lines within 54 lines in all crosses in the F_8 generation indicated that the percentage of increment for the population means is 15—25 % in the later three generations (Table 3).

Using selection based on the sedimenta-

tion value and the farinogram valorimeter value, effect and intensities of selection were around 50 % in order to select the desirable lines with the potential bread baking quality not less than Norin No. 75 (Table 5 and 6). In the pedigree culture, selection based on protein content was not effective, because the level of protein content was high enough in the majority of lines (Table 4).

Selection based on both characteristics of crystalloidal property and sedimentation value was more effective than those based on either characteristic and it indicated that the maximum of effect and intensity are 69 % and 30 %, respectively (Table 6).

Genetic correlation between yield and protein content, sedimentation value, and farinogram valorimeter value was generally negative, namely, -0.519 , -0.568 , and -0.479 , respectively. However, in spite of the fact that genetic correlation between yield and loaf volume is highly negative, association between bread score and yield was negligible (0.002). Genetic correlation between yield $\times$ sedimentation value, and bread score and yield was rather high, 0.634 and 0.760 , respectively. On the other hand, yield $\times$ protein was highly correlated with yield (0.762), but it was poorly correlated with bread score (0.211) (Table 8).

Thus, early-generation selection for yield $\times$ sedimentation value should be effective for both characteristics, bread baking quality and yield (Fig. 2).

In the first preliminary performance test (F_3 generation), the result of selection based

on yield $\times$ sedimentation value showed that an effect and an intensity of 50 % and 40 %, respectively was necessary in order to select the desirable lines with bread baking quality and yield not less than Norin No. 75.

In the first and second preliminary performance tests (F_3 and F_4 generation), the result of selection based on the mean of two-years yield $\times$ sedimentation value showed that an effect of 80 % and 50 %, respectively for bread baking quality and yield was necessary in order to select the desirable lines with the above mentioned characteristics. In this case, the intensity of selection was 15 % for both characteristics, bread baking quality and yield.

Based on the above information, a model of breeding for high bread baking quality with high yield in a hard red spring wheat was presented, as shown in Table 13.

The proposed breeding scheme was as follows:

1. Individual plants are selected by the crystalloidal property, and the sedimentation value used, if possible.
2. In early generations through indirect selection for yield $\times$ sedimentation value, desirable lines with high bread baking quality and high yield may be selected the same time.
3. Further, yield test of small-scale like hill-plots with reasonable replications in earlier generation should be effective in combining high grain yield with baking quality in the breeding scheme.