

小豆系統の可視的選抜に影響を及ぼす 要因の径路係数分析*

野村 信史† 佐藤 久泰††

PATH COEFFICIENT ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING VISUAL LINE SELECTION IN ADZUKI BEAN

(*Phaseolus angularis* W. F. WIGHT.)

Nobufumi NOMURA and Hisayasu SATOH

育種家は、ほ場における系統選抜にあたって、通常可視的に系統を評価して選抜している。この試験では小豆の100系統について可視的に最も望ましいと思われる系統に10点を与え、その得点と、評価に影響を及ぼしたと思われる草丈、総重等10形質の間の関係を径路分析によって検討した。その結果、総重、分枝着英数、草丈が得点に高い直接効果を及ぼすことがわかり、得点と相関の高い子実重の効果は主として、総重、分枝着英数を通じての間接効果と推定された。

I 緒 言

育種家はほ場において、個体あるいは、系統を対象として、いわゆる希望型 (FREY¹⁾ (1962) による mental picture) を想定しながら総合的な判定によって選抜を行なう。この希望型は育種目標にかなう理想の遺伝子型を想定したものであり、豆類では熟期、草型、収量、品質などの組合った複合形質として現わされる。そこで実際に選抜を行なう場合には、各形質に適当な評価を行なって選抜指数のような尺度を想定するわけであるが、個々の形質に対する評価がどのような意味をもつものかについてはあまり検討されていない。そこで、ここでは豆類の育種家は場において小豆系統の可視的選抜を行ない、それについて WRIGHT¹²⁾ (1921) の方法による径路分析を行なったので、その結果について発表する。

本文に入るに先だって、本論文とりまとめに有益な助

言を賜った新得畜産試験場草地飼料作物科長、田辺安一氏、原稿の校閲と有益なご批判を賜った、十勝農業試験場長楠隆氏、同豆類第2科長後木利三氏および北海道農業試験場草地開発部牧草第2研究室長後藤寛治博士に深く感謝する。

II 材料および方法

供試材料には小豆品種14組合せの F_6 と F_7 系統の中から、熟期のほぼ似た100系統を用いた。これらの系統を十勝農試ほ場に2反復の乱塊法により1区20個体とし、十勝農試標準耕種法により畦幅60 cm、株間10 cmの1株1本植えて、1966年5月22日に播種した。

収穫は各区10個体ずつ地際で刈取り、自然風乾して次の10形質について調査した。(1) 草丈 (cm)、(2) 最長分枝長 (cm)、(3) 分枝数 (本)、(4) 主茎着英数 (個)、(5) 分枝着英数 (個)、(6) 茎の太さ (mm)、(7) 総重量 (g)、(8) 子実重量 (g)、(9) 100粒重 (g)、と (10) 一英粒数であり、これら形質の間の表現型相関と遺伝子型相関を、分散および共分散分析から算出した。以上10形質のほか、倒伏程度と熟期も重要な形質ではあるが、いずれの系統も

† 中央農業試験場

†† 十勝農業試験場

* 本文の一部は札幌農林学会 (昭和42年12月) で発表した。

倒伏はまったくみられず、ほとんど同じような熟期であったので、調査形質から除いた。

ほ場での評価は各区ごとに10点を最良、1点を最劣悪として、評点をつけ2区合計値で系統の得点とした。評点者は十勝農試において豆類の品種改良事業に従事している3人の育種家で、9月下旬のほぼ成熟期に近い時期に採点を行ない、その得点と調査した諸形質の間の相関係数(r_{oi})を求めた。また、得点はこれら10形質の相加的効果として、完全に決定されるものとして Fig. 1 に示す径路図を作成した。このなかで右側の r 符号は相関係数を示し、左側の P 符号は径路係数を示す。 P_{oi} は得点に働く残余の要因と誤差を含むものとする。この径路図にもとづいて得点に対する諸形質の径路係数(P_{oi})を WRIGHT⁽⁷⁾ (1921), KEMPTHORNE⁽⁹⁾ (1957) らの径路係数分析法にもとづいて求めた。分析の手続は上書にくわしいのでここには

省略する。

III 試験結果

1. 供試系統における諸形質の間の相関係数と遺伝力

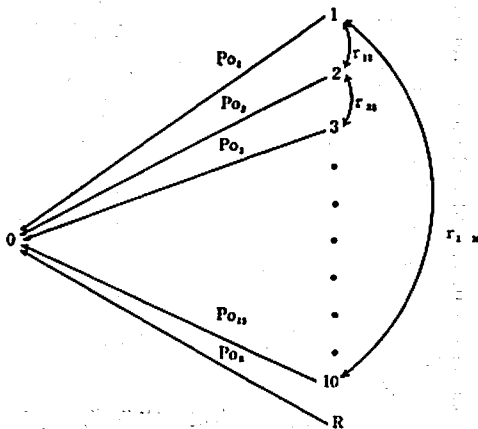
供試材料の諸形質の間の表現型相関と遺伝子相関を Table 1 に示した。まず子実重と表現型相関の高い形質は総重で、ついで主茎着莢数、分枝着莢数、草丈とも比較的高い正の相関係数を示した。100粒重とは負の相関があった。また一般に遺伝子型相関は表現型相関より高い値を示しているが、これは大豆での JOHNSON et al.⁽⁸⁾ (1955) や菜豆の後木⁽⁶⁾ (1960)、小豆での野村⁽¹⁰⁾ (1967) でも同様な傾向が認められている。このような相関関係からみて、ここで用いた材料については、総重の重い、着莢数の多いものが多収であり、100粒重については重いものは収量が少ない傾向がみられた。

遺伝力は Table 1 に示したとおり、分枝数、100粒重、平均1莢粒数が高く、これらにくらべて、草丈、総重、子実重、着莢数等はやや低くなっている。遺伝力の推定値は一般にやや高く推定されたが、この傾向は小豆についての従来の報告(野村⁽¹⁰⁾ (1967))と大体一致している。しかし収量関係要素(子実重、着莢数など)の遺伝力は、菜豆における後木⁽⁶⁾ (1960) の報告に比べてかなり高い。これは供試した材料の間の変異の大きさの違いによるものと思われる。

2. 得点と諸形質との相関関係

このような供試材料に対して、育種家が与えた得点について検討した。まず各育種家が供試系統に与えた得点について、分散分析を行なった結果は Table 2 に示したとおりで、有意性検定をした結果、系統間では各人ともに高い有意性がみられた。一方、1人の育種家が反復間に有意性がみられた。しかし、各形質の分散分析の結果は Table 3 に示したとおりで、可視的形質としては分枝数が反復の間で有意性が高いので、この形質に着目した場合に反復間でも差の生ずることも考えられる。3名の育種家が系統に与えた得点の平均得点と各形質との相関係数は Table 4 に示したように

Fig. 1 Path diagram and association of factors influencing the score



0=Score

1=Plant height

2=Length of the longest branch

3=Number of branches

4=Number of pods on main stem

5=Number of pods on branches

6=Total weight per plant

7=Grain weight per plant

8=Diameter of stem

9=Weight per 100 grains

10=Average number of seeds per pod

P_{oi} =Path coefficient

r_{ij} =Correlation coefficient

Table 1 Phenotypic and genotypic correlation coefficients between characters and heritabilities

Characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Heritability
Plant height	(63.41) (20.72)	0.738*** 0.762 (24.04) (7.61)	0.458*** 0.361	0.276** 0.250	0.416*** 0.352	0.676*** 0.817	0.588*** 0.675	0.155 -0.278	-0.443*** -0.548	0.506*** 0.688	0.485
Length of the longest branch			0.697*** 0.638 (0.70) (0.35)	0.270** 0.347 0.350*** 0.398 (11.93) (3.34)	0.763*** 0.791 0.871*** 0.786 0.469*** 0.589	0.650*** 0.711 0.632*** 0.618 0.719*** 0.856	0.534*** 0.567 0.563*** 0.526 0.631*** 0.604	0.272** -0.057 0.167 0.085 0.244* 0.103	-0.380*** -0.450 -0.346*** -0.331 0.098 0.158	0.278** 0.402 0.204* 0.176 0.106 0.137	0.463
No. branches											0.996
No. pods on main stem											0.377
No. pods on branches											0.462
Total weight per plant											0.349
Grain weight per plant											0.473
Diameter of stem											0.118
Weight per 100 grains											0.794
Average number of seeds per pod											0.720

*, **, *** Significantly different from zero at 0.05, 0.01 and 0.001 level, respectively.

Heritabilities were estimated by $\frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$, where σ_g^2 and σ_e^2 were the genotypic variance among lines and the environmental variance, respectively. Values in parentheses are the phenotypic (up) and genotypic (under) variance.

総重、子実重、草丈との相関が正で高くなっている。これは各個人でいずれも正で高い相関係数であった。このことからみて、育種家各個人の高い得点を与えた着目形質は、ほぼ同一であることを示した。これは Table 5 に示すように各育種家間の相関係数でも、いずれも非常に高い値である。また、各育種家の得点と相関が比較的低かった形質は、主茎着莢数、茎の太さなどであり、100粒重とは負の相関係数であった。

供試した100系統と育種家3人の平均得点による上位10系統(10%)の10形質の平均値を全系統の平均値と比べてみると、Table 4 に示したように、総重、子実重はおよそ30%の増加を示し、分枝数、分枝着莢数は24~34%多くなっている。これは得点による選抜が収量とそれに関連する形質のうち、100粒重を除いて増加に貢献していることを示すものである。得点の高い系統は育種家の希望する型であるが、それらの系統は十勝地方の栽培品種における、いわゆる多収型(野村¹⁰(1967))にみられる特性を具備しており、可視的選抜の効果を示した。

3. 評点に対する諸形質の径路係数分析

3人の平均値にもとづいて得られた直接効果は Table 7 に示したように、評価点に対して単独で最も効果の大きい形質は分枝着莢数であり、次いで草丈、総重、茎の太さ等であった。これらの茎の太さを除いて相関係数でも高い値を示した形質である。一方、相関係数で高い値を示した子実重は、直

Table 2 Analysis of variance of the score

Factors	D. F.	Mean square of score of each breeder		
		I	II	III
Between lines	99	2.09**	1.45**	4.54**
Replicates	1	6.48*	0.50	1.12
Error	99	1.13	0.79	1.57

*, **, Significant at 0.05 and 0.01 level.

接効果は負の値で、分枝着莢数、総重を通じての間接効果によって大きな評価となったものと思われる。同様に、最長分枝長、分枝数とか主茎着莢数等は、相関係数では正であったが、径路係数では負の値を示した。このことは、これらが主として総重、分枝着莢数を通じての高い間接効果が存在することによるものと考えられる。

次に各個人についてみると、3人いずれも4年

Table 3 Analysis of variance of 10 characteristics

Characters Factors	Plant height 1	Length of the longest branch 2	No. branches 3	No. pods on main stem 4	No. pods on branches 5
Between lines	63.41**	24.04**	0.70**	11.93**	14.37**
Replicates	78.12	60.50*	0.04**	0.29	7.26
Error	21.96	8.82	0.0013	5.25	5.30

Characters Factors	Total weight per plant 6	Grain weight per plant 7	Diameter of stem 8	Weight per 100 grains 9	Average number of seeds per pod 10
Between lines	33.02	16.62**	0.26	10.37**	2.03**
Replicates	13.06	2.83	0.59	12.05**	0.26
Error	15.94	5.95	0.21	1.19	0.33

*, **, Significant at 0.05 and 0.01 level.

Table 4 Correlation coefficients between the score and 10 characters studied

Characters		Breeder			Pooled
		I	II	III	
Plant height	1	0.503***	0.659***	0.664***	0.684***
Length of the longest branch	2	0.372***	0.551***	0.542***	0.506***
No. branches	3	0.240*	0.436***	0.427***	0.405***
No. pods on main stem	4	0.309**	0.300**	0.334***	0.325**
No. pods on branches	5	0.230*	0.450***	0.424***	0.433***
Total weight per plant	6	0.611***	0.669***	0.717***	0.739***
Grain weight per plant	7	0.593***	0.625***	0.646***	0.693***
Diameter of stem	8	0.162	0.131	0.110	0.160
Weight per 100 grains	9	-0.212*	-0.407***	-0.182	-0.388***
Average number of seeds per plant	10	0.435***	0.529***	0.405***	0.579***

*, **, ***, Significant at 0.05, 0.01 and 0.001 level.

以上の育種経歴をもっている。3人のうちⅡは総重、草丈、分枝着莢数等の直接効果が大きく、子実重は総重を通じての間接効果であると考えられる。Ⅰ、Ⅲは子実重、分枝着莢数、草丈、平均一莢粒数等の直接効果が大きいのが共通の特徴で、子実重との相関が高い総重に対しては負の値を示

Table 5 Correlation coefficients among the breeders for the score

Breeder	II	III
I	0.701***	0.643***
II		0.790***

***, Significant at 0.001 level.

Table 6 Means for 10 characters obtained from F_3 and F_7 100 lines and upper 10 lines (upper 10%) by average score of 3 breeders

Characters Factors	Plant height 1	Length of the longest branch 2	No. branches 3	No. pods on main stem 4	No. pods on branches 5
Means of 100 lines	31.1 cm	12.0 cm	2.1	13.2	7.0
Means of upper 10 lines	37.9	16.4	2.6	13.5	9.4
Rate of increase	122%	137%	124%	102%	134%

Characters Factors	Total weight per plant 6	Grain weight per plant 7	Diameter of stem 8	Weight per 100 grains 9	Average number of seeds per pod 10
Means of 100 lines	17.8 g	10.0 g	6.1 mm	16.7 g	4.49
Means of upper 10 lines	22.6	12.9	6.3	14.1	5.59
Rate of increase	127%	129%	103%	84%	124%

し、これは分枝着莢数、子実重を通じての間接効果によるものと考えられた。

IV 考 察

径路係数分析法は WRIGHT¹⁷⁾ (1921) によって紹介されたが、この分析法を作物育種に利用した例は少ない。その中で、牧草においては DEWAY et al.²⁾ (1959) は相互に関係ある変数の因果関係をみるために、径路分析法が有効であることを報告している。LIANG et al.¹¹⁾ (1964) は径路分析法は収量と諸形質間の因果関係だけでなく、生草および種子収量に影響をおよぼす各形質の相対的な重要性を明らかにできるとしている。真木ら¹³⁾ (1967) はチモシーやオーチャードグラスの採種量に影響をおよぼす諸形質について径路分析したところ、単純相関係数によって得た結果と多少異なっており、重要な 1～2 形質を対象とした選抜によって、種子生産力の高い品種の育成の可能性が暗示されたとしている。水稲では柴田¹⁵⁾ (1962) が収量と諸形質の因果体系を想定して、多収性の要因解析に径路係数分析を行なって穂数、一穂粒数、耐倒伏性、出穂性、登熟性などが重要な要因であることを示した。また、蓬原ら³⁾ (1965) は水稲系統の肉眼選抜に影響をおよぼす要因の解析に径路分析法を用いて、玄米重が単独効果として最も大きく、ついで耐倒伏性、稈実性の順で直接効果が大きいことを示した。

ここに発表した研究について考察を加えれば次のとおりである。

1. 得点の因果体系

育種家の系統に与えた得点の分析に径路係数分析法を用いたが、径路係数はその因果体系に大きな誤りがあれば、全然意味がなくなる (WRIGHT,¹⁶⁾ (1960))。ここで対象にした形質の数は多いので、充分な因果体系を描くことは難しい。しかし、全形質を同格にならべて生理・生態的に因果体系を説明し得ない形質間でも相関関係が存在すると仮定して WRIGHT, (¹⁶⁾(1960), Fig. 1 に示した径路図を作成した。KEMPTHORNE⁹⁾ (1957) によれば、 P_{OR} はここでは考慮しなかった要因および測定誤差からなると解釈される。したがって P_{OR} の大きさによって想定した因果体系の有効性の一面を判定できると思われる。これは Table 6 に示したようにいずれも P_{OR} は比較的小さく、得点の大半がここで取扱った 10 形質の径路係数分析によって説明できると考えられる。

2. 可視的選抜について

可視的選抜に関する研究では HANSON et al.⁷⁾ (1962) と KWON et al.¹⁰⁾ (1964) が大豆で、FREY⁹⁾ (1962) がえん麦で、ATKINS¹⁾ (1964) が大麥を使って収量に関する可視的選抜の効果を報告している。HANSON et al.⁷⁾ (1962) は大豆の 10 組合せの F_3 45 系統を収量を目標として、3 人の経験をつんだ育種家が可視的に、上 9、中 27、下 9 の 3 階級に分けて、収量を実測して比較を行ない、可視的階級分けに対して子実収量 (莢数)、熟期、倒伏と草丈の影響が大きく、またこれら形質の重みづけに個人差があり、収量と正の相関が高い熟期に

Table 7 Path coefficient analysis of characters influencing the score

Breeder		Plant height 1	Length of the longest branch 2	No. branches 3	No. pods on main stem 4	No. pods on branches 5	Total weight per plant 6	Grain weight per plant 7	Diameter of stem 8	Weight per 100 grains 9	Average number of seeds per pod 10	
I	Correlation coefficients (r_{oi})	0.503	0.372	0.240	0.309	0.230	0.611	0.593	0.162	-0.212	0.435	
	Path coefficients (P_{oi})	2.955	-1.996	-1.881	1.744	5.537	-11.265	5.766	2.670	1.152	2.817	
	via.	1	—	2.181	1.339	0.816	1.229	1.998	1.738	0.458	-1.309	1.495
	2	-1.473	—	-1.391	-0.539	-1.523	-1.297	-1.066	-0.543	0.758	-0.555	
	3	-0.852	-1.311	—	-0.658	-1.638	-1.189	-1.059	-0.314	0.651	-0.384	
	4	0.481	0.471	0.610	—	0.818	1.254	1.100	0.426	-0.171	0.184	
	5	2.303	4.225	4.823	2.597	—	3.859	3.472	-0.089	-1.489	0.792	
	6	-7.615	-7.322	-7.119	-8.100	-7.852	—	-10.837	-2.884	4.855	-0.614	
	7	3.390	3.079	3.246	3.638	3.615	5.547	—	0.830	-2.583	3.333	
	8	0.398	0.699	0.429	0.627	-0.041	0.658	0.370	—	-0.013	-0.260	
	9	-0.510	-0.438	-0.399	-0.113	-0.310	-0.497	-0.516	-0.006	—	-0.843	
	10	1.425	0.738	0.575	0.299	-0.403	1.535	1.628	-0.285	-2.062	—	
II	Correlation coefficients (r_{oi})	0.659	0.551	0.436	0.300	0.450	0.669	0.625	0.131	-0.407	0.529	
	Path coefficients (P_{oi})	0.315	-0.203	-0.142	-0.323	0.270	1.086	-0.463	0.048	0.006	0.134	
	via.	1	—	0.232	0.143	0.087	0.131	0.213	0.185	0.049	-0.140	0.159
	2	-0.150	—	-0.141	-0.055	-0.155	-0.132	-0.108	-0.055	0.077	-0.056	
	3	-0.064	-0.099	—	-0.050	-0.124	-0.090	-0.080	-0.024	0.049	-0.029	
	4	-0.089	-0.087	-0.113	—	-0.151	-0.232	-0.204	-0.079	0.032	-0.034	
	5	0.112	0.206	0.235	0.127	—	0.188	0.169	-0.004	-0.073	0.039	
	6	0.734	0.706	0.686	0.781	0.757	—	1.045	0.278	-0.468	0.529	
	7	-0.272	-0.247	-0.261	-0.292	-0.290	-0.445	—	-0.067	0.207	-0.268	
	8	0.007	0.013	0.008	0.012	-0.001	0.012	0.007	—	0.000	-0.005	
	9	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	0.000	—	-0.004	
	10	0.068	0.037	0.027	0.014	0.019	0.073	0.077	-0.014	-0.098	—	

小豆系統の可視的選抜に影響を及ぼす要因の経路係数分析

III	Correlation coefficients (r_{oi})		0.664	0.542	0.429	0.334	0.424	0.717	0.646	0.110	-0.182	0.405
	Path coefficients (P_{oi})		4.660	-3.424	-2.833	2.415	8.837	-16.291	7.806	3.810	1.667	4.037
	via.	1	—	3.449	2.111	1.286	1.939	3.150	2.740	0.722	-2.064	2.358
		2	- 2.527	—	- 2.387	- 0.924	- 2.613	-2.226	- 1.828	-0.931	1.301	- 0.952
		3	- 1.283	- 1.975	—	- 0.992	- 2.468	-1.790	- 1.595	-0.473	0.980	- 0.578
		4	0.667	0.652	0.845	—	1.133	1.736	1.524	0.589	-0.237	0.255
		5	3.676	6.743	7.697	4.145	—	6.159	5.541	-0.141	-2.377	1.264
		6	-11.013	-10.589	-10.296	-11.713	-11.355	—	-15.672	-4.170	-7.021	- 8.879
		7	4.590	4.168	4.395	4.926	4.894	7.509	—	1.124	-3.497	4.512
		8	0.591	1.036	0.636	0.930	-0.061	0.975	0.549	—	-0.019	- 0.385
		9	- 0.738	- 0.633	- 0.577	- 0.163	-0.448	-7.718	- 0.747	-0.008	—	- 1.220
		10	2.043	1.122	0.824	0.427	0.577	2.200	2.333	-0.408	-2.955	—
Pooled	Correlation coefficients (r_{oi})		0.684	0.506	0.405	0.325	0.433	0.739	0.693	0.160	-0.388	0.579
	Path coefficients (P_{oi})		0.792	-0.995	-0.628	-0.448	1.351	0.686	-0.361	0.460	0.121	0.402
	via.	1	—	0.584	0.359	0.219	0.329	0.535	0.466	0.123	-0.351	0.401
		2	-0.734	—	-0.694	-0.269	-0.759	-0.647	-0.531	-0.271	0.378	-0.277
		3	-0.284	-0.438	—	-0.220	-0.547	-0.397	-0.354	-0.105	0.217	-0.128
		4	-0.124	-0.121	-0.157	—	-0.210	-0.322	-0.283	-0.109	0.044	-0.047
		5	0.562	1.031	1.177	0.634	—	0.941	0.847	-0.022	-0.363	0.193
		6	0.464	0.446	0.434	0.493	0.478	—	0.660	0.176	-0.196	0.374
		7	-0.212	-0.193	-0.203	-0.228	- 0.226	0.347	—	-0.052	0.162	-0.209
		8	0.071	0.125	0.077	0.112	0.007	0.118	0.066	—	-0.002	-0.046
		9	-0.054	-0.046	-0.042	-0.012	- 0.033	-0.052	-0.054	-0.001	—	-0.089
		10	0.203	0.112	0.082	0.043	0.057	0.219	0.232	-0.041	-0.294	—

重きをおいた1人がほかの2人より選抜が効果的であった。KWON et al.¹⁰⁾ (1964) も大豆2組合せを用いて、収量については倒伏に注目するよりも熟期、草丈による可視的選抜が影響を与えていることを報告している。また3人でおこなった可視選抜の結果は非常に似かよっていたが、これは1人の経験ある育種家が選抜の基準について、ほかの2人を教育したことによるものと考えている。FREY⁹⁾ (1962) はえん麦を用いて、可視的選抜は経験にもとづく mental picture の選抜であり、希望型とするものが低い生産性に結びつくことがあるが、選抜による進歩が望ましい方向に向かえば成功であり、これは一般に遺伝力の大きさに結びついているといっている。

この研究では選抜にあたって各自が自由に選抜できるように、とくに選抜に必要な目標や形質を決めずに、ほ場で採点を行なった。その結果、調査した10形質のうち草丈、分枝着莢数、総重、茎の太さの4形質が得点に最も大きな影響をおよぼして、茎の太さを除いて得点とは比較的正の相関が高いものであった。分枝着莢数に依存する率の大きい系統は、多収と結びつく型であるので、この種の型に対する可視的選抜は効果的であろう。大豆の2組合せを用いての後藤ら⁹⁾ (1963) の実験においても「草丈、総重による選抜が子実重におよぼす影響が大きく、上記2形質の他着莢数も子実重を左右する重要な因子である」といっている。したがってこの研究の結果をみても、個人差はあっても、経験をつんだ育種家については有効な mental picture をもっていると考えても良いと思われる。そのような mental picture にもとづいて、育種家達が筋の通った選抜をしているという意味で、可視選抜を有効に利用することが、育種効率の向上に役立つものと思われる。

V 摘 要

小豆 F₆ と F₇ の 100 系統を供試して、育種家 3 人が成熟期近くに最も望ましい系統に 10 点を与える方法により評価し、その得点に影響をおよぼすと思われる 10 形質を調査して可視的選抜の効果を検討した。

1. 一般に得点と相関の高い形質は総重、草丈などであり、各育種家で類似していた。
2. 直接効果、間接効果についてみると一般に総重、分枝着莢数、草丈、茎の太さは直接効果が高く、子実重の効果は主として総重、分枝着莢数を通じての間接効果によるものであった。
3. 経験をつんだ育種家が選抜上有効なる mental picture をもっていると思われることから、経験ある育種家による可視的選抜の利用価値が高いものと結論された。

引用文献

- 1) ATKINS, R. E., 1964; Visual selection for grain yield in barley. *Crop Sci.*, 4: 5, 494-497.
- 2) DEWAY, D. R. & K. H. LU, 1959; A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass and seed production. *Agr. Jour.*, 51: 9, 515-518.
- 3) 蓬原雄二, 島田匡士, 橋口渉子, 1965; 水稲における肉眼選抜の評価, I 肉眼選抜に影響を及ぼす要因の径路係数分析 育種, 15: 4, 271-280.
- 4) FREY, K. J., 1962; Effectiveness of visual selection upon yield in oat crosses. *Crop Sci.*, 2: 2, 102-105.
- 5) 後藤寛治, 1963; 大豆における型の遺伝, 特にその選抜実施上の意義 (英文) 育種, 13: 2, 69-75.
- 6) ———, 藤盛郁夫, 1963; 判別値の適用による複合形質の遺伝分析, 道農試集, 12, 99-105.
- 7) HANSON, W. D., LEFFEL, R. C. & H. W. JOHNSON, 1962; Visual discrimination for yield among soybean phenotypes. *Crop Sci.*, 2: 2, 93-96.
- 8) JOHNSON, H. W., ROBINSON, R. F. & R. E. COMSTOCK, 1955; Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agr. Jour.*, 47: 10, 477-483.
- 9) KEMPTHORNE, O., 1957; Introduction to quantitative genetics. John WILEY and Sons, Inc. New York.
- 10) KWON, S. H. & J. H. TORRIE, 1964; Visual discrimination for yield in two soybean populations. *Crop Sci.*, 4: 3, 287-290.
- 11) LIANG, G. H. L. & W. A. RIEDL, 1964; Agronomic traits influencing forage and seed yield in alfalfa. *Crop Sci.*, 4: 4, 394-396.
- 12) LI, C. C., 1956; The concept of path coefficient and its impact on population genetics. *Biometrics*, 12: 2, 190-210.
- 13) 真木芳助, 中山貞夫, 田辺安一, 青田盾彦, 1967; チモシーおよびオーチャードグラスの採種に関する研究 1. 採種量に影響を及ぼす諸形質の径路分析 (英文) 日本草地学会誌, 13: 1, 71-81.

- 14) 野村信史, 1967; 小豆の遺伝子型相関と表現型相関, 道農試集, 16, 114-120.
- 15) 柴田和博, 1962; 水稻品種における収量成分の径路分析, 年次および施肥量による変化, 道農試集, 9, 69-87.
- 16) 後木利三, 1960; 菜豆における量的形質の遺伝, 道農試集, 5, 53-57.
- 17) WRIGHT, S. 1921; Correlation and causation. Jour. Agr. Res., 20: 557-585.
- 18) ———, 1960; Path coefficients and path regressions: alternative or complementary concepts? Biometrics, 16: 2, 186-202.

Summary

Effectiveness of selection made by three breeders was evaluated by the method of path coefficient analysis. The 100 lines of F_6 and F_7 which were derived from 14 Adzuki bean varietal crosses and similar in maturity were grown in replicated trials of randomized block design at a field of Tokachi Agricultural Experiment Station of Hokkaido Prefecture in 1966.

Ten traits measured on a plot basis were examined as follows: (1) plant height in cm, (2) length of the longest branch in cm, (3) number of branches, (4) number of pods on main stem, (5) number of pods on branches, (6) total weight per plant in gram, (7) grain weight per plant in gram, (8) diameter of stem in mm, (9) weight

per 100 grains in gram, and (10) average number of seeds per pod.

Three bean breeders evaluated visually each line by a score 1 to 10 (1 very poor and 10 excellent) at near maturity.

The results are as follows:

1) Genotypic and phenotypic correlations between the score and the 10 characteristics were computed and the scores were significantly correlated with total weight, grain weight and plant height. These figures were similar by the three breeders.

2) Path coefficient analysis of the various characteristics influencing the score were conducted as a means of analyzing the correlation coefficients into direct and indirect components. As a result, total weight, number of pods on branches, plant height and diameter of stem had the greatest influence on the score, and contribution of grain weight to the score was in direct through total weight and number of pods on the branches.

3) High correlations amongst the characteristics were recognized from the score obtained by three breeders.

4) Since experienced plant breeders usually possess reasonable mental pictures of the desirable attributes, visual selection has much value in selection practices.