大豆育種에 있어서의 選拔에 關한 實驗的硏究

續報 : 遺傳力·遺傳相關, 그리고 選拔指數의 再檢討

晋 州 農 科 大 學
張 權 烈

Studies on the selection in soybean breeding.

Ⅱ Additional data on heritability, genotypic correlation and selection index.

Chinju Agr. College
Kwon Yawl Chang

SUMMARY

The experimental studies were intended to clarify the effects of selection, and also aimed at estimating the heritabilities, the genotypic correlations among some agronomic characters, and at calculating the selection index on some selective characters for the selection of desirable lines, under different climatic conditions. Finally practical implications of these studies, especially on the selection index, were discussed.

Twenty-two varieties, determinate growing habit type, were selected at random from the 138 soybean varieties cultivated the year before, were grown in a randomized block design with three replicates at Chinju, Korea, under May and June sowing conditions. The method of estimating heritabilities for the eleven agronomic characters-flowering date, maturity date, stem length, branch numbers per plant, stem diameter, plant weight, pod numbers per plant, grain numbers per plant and 100 grain weight, shown in Table 3, was the variance components procedures in a replicated trial for the varieties. The analysis of covariance was used to obtain the genotypic correlations and phenotypic correlations among the eight characters, and the selection indexes for some agronomic characters were calculated by Robinson's method[23].

The results are summarized as follows:

Heritabilities

The experiment on the genotype-environment interaction revealed that in almost all of the characters investigated the interaction was too large to be neglected and materially affected the estimates of various genotypic parameters. The variation in heritability due to the change of environments was larger in the characters of low heritability than in those of high heritability. Heritability values of flowering date, fruiting period(days from flowering to maturity), stem length and 100 grain weight were the highest in both environments, those of yield(grain weight) and other characters were showed the lower values(Table 3). These heritability values showed a decreasing trend with the delayed sowing in the experiments. Further, all calculated heritability values were higher than anticipated. This was expected since these values, which were the broad sense heritability, contain the variance due to dominance and epistasis in addition to the additive genetic variance.

Genotypic correlations

Genotypic correlations were slightly higher than the corresponding phenotypic correlations in both environments, but the variation in values due to the change of environment appeared between grain weight and some other characters, especially an increase between grain weight and flowering date, and the total growing period(Table 6). Genotypic correlations between grain weight and other characters indicated that high seed yield was genetically correlated

with late flowering, late maturity, and the other five characters namely branch numbers per plant, stem diameter, plant weight, pod numbers per plant and grain numbers per plant, but not with 100 grain weight of soybeans. Pod numbers and grain numbers per plant were more closely correlated with seed yields than with other characters.

Selection index

For the comparison and the use of selection indexes in the selection, two kinds of selection indexes were calculated, the former was called selection index A and the later selection index B as shown in Table 7. Selection index A was calculated by the values of grain weight per plant as the character of yield(character Y), but the other, selection index B, was calculated by the values of pod numbers per plant, instead of grain weight per plant, as the character of yield'(character Y'). These results suggest that selection index technique is useful in soybean breeding. In reality, however, as the selection index varies with population and environment, it must be calculated in each population to which selection is applied and in each environment in which the population is located. In spite of the expected usefulness of selection index technique in soybean breeding, unsolved problems such as the expense, time and labor involved in calculating the selection index remain.

For these reasons and from these experimental studies, it was recognized that in the breeding of self-fertilized soybean plants the selection for yield should be based on a more simple selection index such as selection index B of these experiments rather than on the complex selection index such as selection index A.

Furthermore, it was realized that the selection index for the selection should be calculated on the basis of the data of some 3-4 agronomic characters-maturity date(X_1), branch numbers per plant(X_2), stem diameter(X_3) and pod numbers per plant etc. It must be noted that it should be successful in selection to select for maturity date(X_1) which has high heritability, and the selection index should be calculated easily on the basis of the data of branch numbers per plant(X_2), stem diameter(X_3) and pod numbers per plant, directly after the harvest before drying and threshing. These characters should be very useful agronomic characters in the selection of Korean soybeans, determinate growing habit type, as they could be measured or counted easily thus saving time and expense in the duration from harvest to drying and threshing, and are affected more in soybean yields than the other agronomic characters.

Ⅰ 緖 言

選拔은 育種에 있어서 가장 基礎的인 操作이며 實用形質의 選拔은 매우 困難하다. 特히 生産力에 關與하는 形質은 主로 量的形質이고 이들 量的形質은 遺傳子에 依한 形質의 發現이 純系品種集團에 있어서도 環境에 따라 多少 變動을 하고 雜種의 分離集團에 있어서는 環境變異와 遺傳的變異가 함께 일어나므로 그 形質發現의 變異程度가 더욱 크다. 따라서 農作物의 實用形質의 選拔은 困難하므로 어떠한 方法으로 어느 世代에서 어느 程度의 選拔을 하여야 하느냐 하는 問題는 效果的인 育種을 하는 데 매우 重要한 課題가 되어 있는 것이다.

近來 統計遺傳學的인 硏究의 進捗에 따라 育種面 特히 選拔에 있어서는 集團의 分散의 程度를 究明하여 諸形質의 遺傳力을 推定하고 兩形質間의 相關問題 特히 遺傳相關의 程度를 算出하여 選拔에 應用하고 있으며, 이들 각 形質의 遺傳力과 形質相互間의 遺傳相關을 考慮하면서 可能한 範圍內에서 가장 總合價値가 높은 遺傳子型을 가지는 것을 選拔하는 데 쓰이는 選拔指數를 算出하여 選拔에 利用하게 되었다.

著者는 以上과 같은 統計遺傳學的인 觀點에서 前報[3]의 實驗結果를 再檢討하고자 大豆의 諸重要形質의 遺傳力과 遺傳相關 그리고 選拔指數 등에 關한 選拔實驗을 行한 바 몇 가지 結果를 얻었기에 여기에 報告하고 前報의 結果와 比較 考察하고자 한다.

本實驗 遂行에 있어서는 本大學 韓鏡秀 助敎와 柳慶根 君의 도움을 받은 바 크며, 文敎部에서는 學術硏究助成費를 支給해 주었다. 여기에 謝意를 表하는 바이다.

Ⅱ 材料 및 方法

本實驗에 供用한 材料는 前報[3]와 同一한 22品種이었으며, 이들 材料는 1964年 5月 7日과 6月 5日의 2時期에 각각 播種되었다.

栽植密度는 本大學의 實驗栽培法(畦幅 70 cm, 株間 20 cm)에 따랐고, 播種에 있어서는 缺株를 막기 爲하여 3粒씩 點播하고 發芽 1個月後에 1本씩만 남기고 切除하였다.

試驗區는 1區 20個體로 하고 播種期別로 3回 反覆의 亂塊法으로 配列하였으며, 調査 測定에 있어서는 畦兩端의 個體를 除한 區當 15個體에 對하여 個體別로 調査 測定하고, 그 밖의 管理는 一般耕種法에 따랐다.

調査項目은 開花日數·結實日數·生育日數·莖長·分枝數·莖直徑·1株重量·1株莢數·1株粒數·1株粒重 그리고 100粒重의 11個 形質이었고, 測定値는 個體別로 測定한 平

均値를 取했다. 調査項目別 測定値에 依하여 각 播種期別로 그들 形質의 平均値를 求하고, 이들 각 形質에 對하여 分散分析을 하였다.

그리고 각 形質에 對한 遺傳力·遺傳相關·表現型相關 등은 ROBINSON et al.[22], GRAFIUS et al.[12]의 分散分析法에 依하여 推定하고 選拔指數는 ROBINSON et al.[23]의 方法에 依하여 算出하였다.

즉 遺傳力·遺傳相關·選拔指數 등의 算出推定에는 다음 式들이 使用되었다.

가. 遺傳力(Heritability) %

$$h^2_A=\frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_G+\sigma^2_E}$$ (品種 平均値의 分散分析에서)

단 分散成分의 期待値

要 因	自 由 度	分散成分의 期待値	備 考
全 體	$nr-1$		
反 覆	$r-1$		
品 種	$n-1$	$\sigma^2_E+r\sigma^2_G$	
誤 差	$(n-1)(r-1)$	σ^2_E	

나. 遺傳相關

表現型相關 등은 共分散分析法에 依하여 각 分散 및 共分散을 算出하여 이들을 다음 式에 代入하여 相關係數를 求하고 表現型相關의 有意性을 檢定하였다.

遺傳相關 $r_g=\frac{cov.\ XY_G}{\sqrt{\sigma^2X_G\cdot\sigma^2Y_G}}$

表現型相關 $r_{ph}=\frac{cov.\ XY}{\sqrt{\sigma^2X\cdot\sigma^2Y}}$

環境相關 $r_e=\frac{cov.\ XY_E}{\sqrt{\sigma^2X_E\cdot\sigma^2Y_E}}$

이 때 $cov.\ XY_G$, $cov.\ XY$, $cov.\ XY_E$: 形質 X와 形質 Y와의 遺傳共分散, 表現型共分散, 環境共分散

σ^2X_G, σ^2Y_G : 形質 X와 形質 Y의 遺傳分散.

σ^2X_E, σ^2Y_E : 形質 X와 形質 Y의 環境分散.

다. 選拔指數

ROBINSON et al.[23]의 方法에 따라 각 播種期別로 選拔指數를 算出했다. 즉

$$b_1p_{11}+b_2p_{12}+\cdots\cdots+b_np_{1n}=G_1Y$$
$$b_1p_{21}+b_2p_{22}+\cdots\cdots+b_np_{2n}=G_2Y$$
$$\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots$$
$$b_1p_{n1}+b_2p_{n2}+\cdots\cdots+b_np_{nn}=G_nY$$

의 聯立方程式을 풀어 選拔指數

$I=b_1X_1+b_2X_2+\cdots\cdots+b_nX_n$ 로 하는 方法이다. 이 때 p는 각 形質의 表現型의 分散 및 共分散이고 右邊의 G는 遺傳分散 및 遺傳共分散이다.

p_{11}은 形質 X_1의 表現型分散

p_{12}는 形質 X_1과 X_2와의 表現型共分散

G_2Y는 形質 X_2와 Y와의 遺傳共分散의 各各의 推定値이다. 左邊의 各 b는 選拔基準이 되는 指數(I)를 計算할 때 形質 X 各各에 對한 加重値(Weight)이다.

그리고 本實驗에 있어서도 形質 Y는 收量, 즉 粒重을 取하고, 또 形質 Y'는 收量과 關係깊은 一株莢數를 使用하여 2種의 選拔指數를 算出하였다.

Ⅲ 實驗結果 및 考察

播種期에 따라서 각 形質이 어떻게 變化하는가를 보기 爲하여 全集團의 平均値를 計算한 結果는 다음 第1表와 같다(Table 1).

Table 1. Means of characters

	①開花日數	②結實日數	③生育日數	④莖長 (cm)	⑤分枝數	⑥莖直徑 (cm)	⑦1株重 (g)	⑧1株莢數	⑨1株粒數	⑩1株粒重 (g)	⑪100粒重 (g)
Ⅲ	62.08	90.88	153.41	84.54	4.77	1.32	95.30	69.83	99.18	21.55	23.17
Ⅳ	46.91	68.68	115.29	69.19	4.42	1.13	76.68	69.51	98.58	20.12	21.10

Note: Ⅲ…Sowed on 7th, May, 1964
Ⅳ…Sowed on 5th, June, 1964
①…Days to flowering
②…Days from flowering to maturity
③…Days to maturity
④…Stem lengh
⑤…Branch no./plant
⑥…Stem diameter
⑦…Plant weight
⑧…Pod no./plant
⑨…Grain no./plant
⑩…Grain weight/plant
⑪…100 grain weight

第1表에서 보는 바와 같이 播種日이 늦어짐에 따라 平均値가 減少되어 있다. 이것은 播種日이 늦어지면 生育日數가 減少되어 完全한 發育이 行해지지 못하기 때문이라고 생각되며, 이와 같은 結果는 前報[3]의 結果와 같은 傾向을 보인다.

이와 같은 環境의 影響을 보다 詳細하게 알기 爲하여 分散分析을 行한 바 그 結果는 다음 第2表와 같다(Table 2).

播種期別 각 形質의 分散을 보면(Table 2) 각 形質마다 品種間에 있어서는 高度의 有意性을 認定할 수 있었다. 그리고 5月 播種區(Ⅲ)에 있어서는 生育日數와 100粒重의 反覆에 있어서만 有意差가 보이나, 6月播種區(Ⅳ)에 있어서는 生育日數·莖長·一株重量 등 보다 많은 形質에 있어서 反覆에 有意差가 보인다.

前報[3]에 있어서는 4月播種의 境遇에 莖長과 100粒重의 反覆에, 5月播種의 境遇는 莖長·分枝數·莖直徑 등과 그 밖에도 많은 形態的特性에 있어서 反覆에 有意差가 보였다. 本實驗에 있어서도 環境에 依하여 크게 影

Table 2. Analysis of variances

	Factor	df	① 開花日數	② 結實日數	③ 生育日數	④ 莖 長	⑤ 分枝數	⑥ 莖直徑	⑦ 1 株 重	⑧ 1株莢數	⑨ 1株粒數	⑩ 1株粒重	⑪ 100粒重
Ⅲ	Variety	21	284.6009**	160.2078**	416.3788**	556.4747**	1.9524**	0.0335**	1736.7931**	2331.2874**	10246.4037**	266.5698**	111.7308**
	Replication	2	0.2850	2.9695	17.2275*	28.2774	0.3147	0.0097	214.1364	445.1975	195.2461	25.9952	13.1025**
	Error	42	0.5579	11.3983	3.1796	20.3128	0.5528	0.0063	224.8705	139.2325	589.6600	32.7231	1.9427
Ⅳ	Variety	21	110.2597**	190.7453**	432.2951**	331.4463**	0.4706**	0.0153**	1028.2231**	2157.5062**	8054.6126**	125.3896**	107.9570**
	Replication	2	0.1364	17.3182	7.0152*	38.2274*	0.1874	0.0006	848.0638**	626.2611	294.8865	8.0405	4.7665
	Error	42	0.4221	9.7626	3.2215	18.7604	0.1503	0.0045	267.6971	645.4893	657.4777	34.1636	3.1048

Note : Characters ①~⑪ as in Table 1.
* Significant at the 5% level.
**Significant at the 1% level.
Ⅲ…Sowed on 7 th, May, 1964
Ⅳ…Sowed on 5 th, June, 1964

響을 받고 더우기 같은 해에 있어서는 晩播의 境遇에 더욱 큰 影響을 받는다.

이와 같이 環境의 影響이 클 때에는 後述하는 遺傳力 其他의 遺傳的 Parameter의 推定値에도 影響하는 것으로 생각된다.

1. 遺 傳 力

本實驗에 使用한 材料는 모두 固定品種으로서 分離集團은 아니나 多數의 品種에서 無作爲(At random)로 擇한 것이고, 따라서 固定度가 相當히 높은 雜種(混系)集團이라고 생각할 수 있으므로 分散分析法에 依하여 遺傳分散·環境分散 그리고 遺傳力을 推定하였다(Table 3).

但 이 때의 遺傳力은 個體單位에서 求한 것이 아니고 區當 平均을 單位로 얻어진 것이므로 이들 値는 相當히 높게 評價되어 있다.

각 形質의 遺傳力을 보면(Table 3) 開花日數·結實日數·生育日數·莖長 그리고 100粒重은 遺傳力이 높고, 分枝數·莖直徑·一株重量·一株莢數·一株粒重 등은 比較的 낮았다. 그러나 遺傳力은 播種期가 變動함에 따라서도 相當한 變動을 가져오며 全體的으로 播種期가 늦어짐에 따라 遺傳力은 減少하는 傾向이 보인다.

이것은 播種期가 늦어지면 遺傳分散은 작아지나 環境分散은 그만큼 작아지지 아니하기 때문이다. 그러나 形質에 따라서는 結實日數·生育日數와 같은 例外도 보이고 더우기 複雜한 環境과 遺傳子型과의 相互作用도 關係하고 있다고 생각된다. 播種期別 遺傳力 變動의 程度는 環境의 影響을 크게 받는 形質, 즉 形態的特性에 있어서 더욱 그 變動이 크다.

Table 3. Genotypic variances, environmental variances and heritabilities

		① 開花日數	② 結實日數	③ 生育日數	④ 莖 長	⑤ 分枝數	⑥ 莖直徑	⑦ 1 株 重	⑧ 1株莢數	⑨ 1株粒數	⑩ 1株粒重	⑪ 100粒重
遺傳分散 σ^2G	Ⅲ	94.6810	49.6032	139.8528	178.7206	0.4665	0.0091	503.9742	730.6850	3218.9146	77.9489	36.5960
	Ⅳ	36.6125	60.3276	143.0245	104.2286	0.1068	0.0036	253.5087	504.0056	2465.7116	30.4087	34.9507
環境分散 σ^2E	Ⅲ	0.5579	11.3983	3.1796	20.3128	0.5528	0.0063	224.8705	139.2325	589.6600	32.7231	1.9427
	Ⅳ	0.4221	9.7626	3.2215	18.7604	0.1503	0.0045	267.6971	645.4893	657.4777	34.1636	3.1048
遺 傳 力 h^2	Ⅲ	00.4141	81.3147	97.7770	89.7943	45.7667	59.0909	69.1470	83.9947	84.5176	70.4324	94.9591
	Ⅳ	98.8603	86.0714	97.7972	84.7462	41.5403	44.4444	48.6389	43.8458	78.9485	47.0925	91.8414

Note : σ^2G…Genotypic variance
σ^2E…Environmental variance
h^2…Heritability
Ⅲ…Sowed on 7th, May, 1964
Ⅳ…Sowed on 5th, June, 1964
Characters ①~⑪ as in Tables 1 and 2.

本實驗에 있어서의 각 形質에 對한 遺傳力을 보면 播種期에 따라 多少의 變動은 있으나, 大體로 開花日數·生育日數 등의 遺傳力은 높고 環境에 따라 變動이 甚한 收量에 關한 形質의 遺傳力은 낮다. 이와 같은 結果는 前報[3]와 또 다른 여러 硏究者의 結果와 같은 傾向을 보인다.

Frey[5),6)]와 高橋·安田[28),29)]는 보리에 對하여, Gotoh[9)]는 가지, 鳥山·蓬原[31)] 등은 水稻, 後木[8)]는 菜豆에 對하여 遺傳力을 推定한 바 出穗期·開花期 등의 遺傳力이 他形質의 遺傳力보다 높고, 大豆에 있어서도 Bartley and Weber[2)], Weber and Moorthy[33)], 尾崎 등[20),34)], Johnson et al.[15)], Sheth[25)], Kwon[17)], Gotoh[11)] 등이 같은 結果를 보았으며, 역시 收量에 關與하는 形質의 遺傳力이 낮았다.

Thomas and Kernkamp[30)], Frey[5),6)], Frey and Horner[7)], 井山[14)], 鳥山·蓬原[31)], Kehr and Gardner[16)], Davis et al.[4)] 등은 大豆以外의 作物에 있어서, Bartley and Weber[2)], Weber and Moorthy[33)], Johnson et al.[15)], Sheth[25)], Kwon[17)], 尾崎 등[20),34)], Gotoh[11)] 등은 大豆에 있어서 같은 結果를 얻었다.

그리고 遺傳力은 播種期, 즉 環境에 따라서도 달라진다는 本實驗의 結果는 JOHNSON et al.[15], 赤藤·根井 등[26], NEI[18], KEHR and GARDNER[16] 등도 있고 그 밖에도 遺傳力은 推定方法에 따라서, 組合이나 地域에 따라서, 또는 世代에 따라서도 달라지므로[3] 實際育種에 있어서는 前述한 바와 같이 遺傳力이 높은 形質을 選拔의 對象으로 하여 環境에 따른 變動을 考慮하면서 選拔에 應用하는 것이 意義 있는 일이라 하겠다.

2. 遺傳相關

각 形質間의 相關의 程度를 알기 爲하여 形質間의 共變異에 對하여도 共分散分析을 하고 表現型共分散·遺傳共分散 그리고 環境共分散 등을 計算한 바 그 結果는 다음 第4, 5表와 같다(Table 4, 5).

第4, 5表에서 보는 바와 같이 大體로 表現型共分散보다 遺傳共分散의 値가 높은 傾向이 보이고, 環境共分散은 이들 兩者보다 매우 낮은 値를 나타내고 있으나, 一株重量·一株莢數·一株粒數 그리고 一株粒重과 他形質間 特히 一株重量과 他形質間의 環境共分散의 變動이 播種期에 따라 심하고 따라서 表現型共分散과 遺傳共分散에도 變動을 크게 가져왔다. 이와 같은 結果는 大豆의 諸形質中 一株重量·一株莢數·一株粒數 등 形質은 開花日數·生育日數 등의 生態的特性보다 播種期와 같은 環境의影響을 크게 받은 것으로 생각된다.

다음 이들 表現型共分散·遺傳共分散 등으로 遺傳相關과 表現型相關을 計算한 바 그 結果는 다음 第6表과 같다.

Table 4. Phenotypic, genotypic and environmental covariances (Ⅲ…Sowed on 7 th, May, 1964)

		① 開花日數	③ 生育日數	⑤ 分枝數	⑥ 莖直徑	⑦ 1株重	⑧ 1株莢數	⑨ 1株粒數	⑩ 1株粒重	⑪ 100粒重
①		(92.3172)								
	Cov. ph	90.4147								
③	Cov. G	93.2799	(137.1070)							
	Cov. E	−0.0642								
	Cov. ph	4.9395	3.8400							
⑤	Cov. G	5.1610	4.4658	(0.9976)						
	Cov. E	−0.0559	−0.5308							
	Cov. ph	0.0933	0.0558	−0.0165						
⑥	Cov. G	0.0802	0.0603	−0.0210	(0.0152)					
	Cov. E	0.0161	−0.0002	0.0034						
	Cov. ph	10.1542	35.8234	−1.6669	2.1154					
⑦	Cov. G	10.9563	26.4157	−2.8863	1.5065	(713.0075)				
	Cov. E	−0.7251	8.7541	1.3913	0.6678					
	Cov. ph	53.7947	30.4357	3.4266	1.7318	597.5552				
⑧	Cov. G	55.3946	30.4936	2.3312	1.5816	509.5712	(856.8492)			
	Cov. E	0.0714	−0.9194	1.4086	0.1649	98.2310				
	Cov. ph	281.3197	302.9715	13.9168	2.7918	994.9545	1383.3514			
⑨	Cov. G	287.6954	311.9432	15.8061	2.9665	974.7256	1347.1214	(3697.3953)		
	Cov. E	2.3210	−1.0620	−1.2330	−0.0941	45.3272	71.8072			
	Cov. ph	59.3978	68.8568	1.8053	0.6427	115.3831	159.3327	503.7806		
⑩	Cov. G	60.7311	71.2533	2.5258	0.3078	93.3135	128.6047	401.1717	(108.0512)	
	Cov. E	0.4759	−0.7255	−0.6031	0.3482	23.4827	48.2854	116.4521		
	Cov. ph	10.9272	13.4846	0.3290	−0.1475	−83.1777	−92.8339	−162.2375	7.8563	
⑪	Cov. G	11.4070	13.4583	0.4409	−0.1598	−93.9164	−103.2934	−169.1721	4.8729	(37.7516)
	Cov. E	−0.1893	0.0663	−0.0551	0.0030	6.4651	5.1532	0.5574	2.6486	

Note: Characters ①~⑪ as in previous tables.
Cov. ph…Phenotypic covariance
Cov. G…Genotypic covariance
Cov. E…Environmental covariance
Phenotypic variances are in parentheses.

Table 5. Phenotypic, genotypic and environmental covariances (Ⅳ…Sowed on 5 th June, 1964)

		① 開花日數	③ 生育日數	⑤ 分枝數	⑥ 莖直徑	⑦ 1株重	⑧ 1株莢數	⑨ 1株粒數	⑩ 1株粒重	⑪ 100粒重
①		(35.8993)								
	Cov. ph	58.2263								
③	Cov. G	60.0517	(141.9620)							
	Cov. E	0.0064								
	Cov. ph	−1.1134	−1.5862							
⑤	Cov. G	−0.2589	−1.5873	(0.2549)						
	Cov. E	−0.8949	−0.0717							
	Cov. ph	0.1370	0.3524	0.0015						
⑥	Cov. G	0.1402	0.3544	−0.0052	(0.0079)					
	Cov. E	0.0014	0.0096	0.0071						
	Cov. ph	53.4277	98.7879	−0.1839	0.8726					
⑦	Cov. G	54.4246	94.7739	0.1430	0.5010	(531.2629)				
	Cov. E	0.7627	6.4332	−0.2804	0.3876					
	Cov. ph	12.8194	−86.6046	4.0404	0.3711	187.5311				
⑧	Cov. G	11.5123	−87.7704	3.8372	0.0734	110.8126	(1133.3954)			
	Cov. E	1.8233	−2.8126	−0.0122	0.2968	59.8010				
	Cov. ph	91.8694	−18.1725	8.7025	0.6308	323.8857	1280.8859			
⑨	Cov. G	97.9599	−17.6873	7.6523	0.6168	355.5570	1232.0835	(3036.1647)		
	Cov. E	−3.2064	0.0186	1.3117	0.0402	−5.5509	102.7791			
	Cov. ph	18.9279	2.8195	0.2578	0.1557	58.3231	95.7147	290.2308		
⑩	Cov. G	17.8416	1.9489	0.0348	0.1576	57.6313	73.4361	159.8307	(62.8329)	
	Cov. E	1.6925	1.1785	0.1965	0.0034	4.9776	27.2590	138.1424		
	Cov. ph	5.5768	28.6942	−0.8710	0.0025	−12.4474	−94.1123	−173.8183	7.7742	
⑪	Cov. G	5.7254	28.4284	−0.8699	0.0004	−18.7934	−104.6308	−181.8366	4.7874	(37.0312)
	Cov. E	0.0106	0.9972	−0.0398	0.0088	4.8604	6.8280	1.7901	3.3936	

Note: Characters ①~⑪ as in previous tables.
Cov. ph…Phenotypic covariance
Cov. G…Genotypic covariance
Cov. E…Environmental covariance
Phenotypic variances are in parentheses.

第 6 表의 遺傳相關과 表現型相關을 比較하면 그의 符號가 大體로 同一하다는 것을 알 수 있다. 一株粒重과 諸形質間의 相關을 보면 大體로 前報와 같이 100 粒重以外의 諸形質은 正의 相關을 가지며, 形質에 따라서는 播種期가 變動하면 有意差가 보이는 形質도 보이며, 前報에서 高度의 相關이 보였던 分枝數는 本實驗에 있어서는 一株粒重과 分枝數 사이에 相關의 傾向이 보였을 뿐이었다.

그리고 大部分의 境遇 遺傳相關이 表現型相關보다 높은 값을 나타내고 있으며, 이와 같은 結果는 WEBER and MOORTHY[33], JOHNSON et al.[15], GOTOH[9], 그리고 赤藤·根井 등[26] 여러 硏究者에 依해서도 報告되어 있다. 그리고 이들 値가 一定하지 아니하고 環境에 따라서도 다른 點은 다른 硏究者의 結果[19),26),27)]와 같이 本實驗에 있어서도 形質이나 環境에 따라서 一定하지 아니하였고, ANAND and TORRIE[1], GOTOH[10], 堀江 등[13]의 結果에서 본 바와 같은 1 以上의 異常値가 一株莢數와 一株粒數間의 遺傳相關値에서 볼 수 있었다.

本實驗의 結果가 다른 硏究者의 結果와 그 값이 다른 것은 實驗材料 및 環境의 差異에서 오는 것으로 생각된다. 그리고 本實驗에 있어서와 같이 後期 雜種集團에서 遺傳相關을 얻은 것이 아니고 品種群에서 얻은 이들 값은 그들 品種의 育成過程에 있어서의 選拔의 方向도 關係되고 있다고 보겠다.

遺傳相關은 遺傳分散과 遺傳共分散에서 얻어지는 것이므로 이 變動은 主로 遺傳子型과 環境과의 複雜한 相互作用에 依하여 일어나는 것으로 생각된다.

一株粒重, 즉 收量과 他形質과의 關係를 보면 遺傳相關과 表現型相關이 大體로 같은 形質間에는 거의 같은 값을 나타내나 이들 값은 播種期에 따라서 多少 變動을 하고 그 중에서도 一株粒重과 開花日數·生育日數間에는 크게 變動하는 것을 볼 수 있다.

Table 6. Genotypic and phenotypic correlations(on right and left of diagonal line respectively)

		① 開花日數	③ 生育日數	⑤ 分枝數	⑥ 莖直徑	⑦ 1株重	⑧ 1株莢數	⑨ 1株粒數	⑩ 1株粒重	⑪ 100粒重
① 開花日數	Ⅲ		0.8106	0.7766	0.0864	0.0502	0.2106	0.5211	0.7069	0.1938
	Ⅳ		0.8299	−0.1310	0.3862	0.5649	0.0847	0.3260	0.5347	0.1601
③ 生育日數	Ⅲ	0.8037		0.5529	0.0535	0.0995	0.0954	0.4649	0.6824	0.1881
	Ⅳ	0.8156		−0.4062	0.4943	0.4977	−0.3269	−0.0298	0.0296	0.4025
⑤ 分枝數	Ⅲ	0.5147	0.3283		−0.3226	−0.1882	0.1263	0.4078	0.4189	0.1067
	Ⅳ	−0.3681	−0.2637		−0.2653	0.0275	0.5230	0.4718	0.0193	−0.4503
⑥ 莖直徑	Ⅲ	0.0838	0.0387	−0.1340		0.7036	0.6135	0.5481	0.3656	−0.2769
	Ⅳ	0.2572	0.3328	0.0335		0.5246	0.0545	0.2070	0.4764	0.0011
⑦ 1株重	Ⅲ	0.0396	0.1146	−0.0625	0.6426		0.8397	0.7653	0.4708	−0.6919
	Ⅳ	0.3974	0.3597	−0.0158	0.4261		0.3162	0.4497	0.6564	−0.1997
⑧ 1株莢數	Ⅲ	0.1913	0.0888	0.1172	0.4800	0.7589		0.8784	0.5389	−0.5940
	Ⅳ	0.0636	−0.2159	0.2195	0.1240	0.2416		1.1052	0.5932	−0.7884
⑨ 1株粒數	Ⅲ	0.4815	0.4255	0.2291	0.3725	0.6128	0.7772		0.8009	−0.4929
	Ⅳ	0.2783	−0.0277	0.3128	0.1291	0.2550	0.6905		0.5837	−0.6194
⑩ 1株粒重	Ⅲ	0.5977	0.5657	0.1739	0.5017	0.4157	0.5236	0.7970		0.0912
	Ⅳ	0.3985	0.0299	0.0644	0.2210	0.3197	0.3587	0.6645		0.1468
⑪ 100粒重	Ⅲ	0.1851	0.1874	0.0536	−0.1951	−0.4768	−0.5161	−0.4342	0.1230	
	Ⅳ	0.1530	0.3958	−0.2835	0.0046	−0.0887	−0.4594	−0.5184	0.1612	

Note: Characters ①~⑪ as in previous tables.
Ⅲ, Ⅳ···denote May sowing and June sowing.
Phenotypic correlations of 0.24 and 0.31 are necessary to be significant at the 5% and 1% levels, respectively.

이것은 播種期 問題가 形質의 變動에 關係하고 收量에도 影響하게 된다고 할 수 있고 收量에는 적어도 100粒重 以外의 7個形質이 關與할 수 있다고 보겠다. 따라서 後述하는 選拔指數의 作成에 있어서도 生育日數·分枝數·莖直徑, 그리고 一株莢數 등이 考慮되어야 하고 또 많은 形質中에서도 一株重量·一株粒數 등 收穫 調製後에 算出 測定할 수 있는 形質보다 收穫直後에 簡單히 算出 測定할 수 있는 形質, 즉 生育日數·分枝數·莖直徑, 그리고 一株莢數가 選拔指數 作成의 對象形質로서 取扱되어야 할 것으로 생각된다.

3. 選拔指數

前述한 바와 같이 選拔指數는 ROBINSON et al.[23]의 方法에 따라서 2, 3, 4個 形質을 對象으로 各栽培環境別(播種期)로 여러 가지 形質을 組合하여 選拔指數를 만들었다. 그러나 이 때 一株粒重을 收量으로 보고 이 收量(Y)에 對한 選拔指數도 만들고 脫穀調製前 收穫直後에 調査 測定할 수 있는 形質中 收量과 가장 높은 相關關係가 있는 一株莢數를 對象으로 하여 早期選拔에 利用할 수 있도록 一株莢數를 形質 Y′로 한 選拔指數도 만들었다. 一株粒重(Y)과 一株莢數(Y′)에 對한 選拔指數는 다음 第7表와 같고 이 때에 形質 X_1은 生育日數, X_2는 分枝數, X_3는 莖直徑, X_4는 一株莢數를 나타낸다 (Table 7).

第7表에서 보는 바와 같이 2個形質, 3個形質 그리고 4個形質을 各各 組合하여 만든 選拔指數中 收量(Y)에 對한 것은 播種期에 따라서 多少의 變動을 가져오고, 形質은 2個形質을 對象으로 하느냐 3個形質로 하느냐에 따라서 形質의 係數가 正(+)의 境遇도 있고 負(−)의 境遇도 있다.

그리고 2個形質에서 얻은 選拔指數의 어느 特定한 形質에 對한 係數와 3個形質 또는 4個形質에서 얻은 指數의 同形質에 對한 係數가 반드시 同一하지 않고, 또 播種期에 따라서도 각 係數의 값이 變動하고 있다는 事實은 選拔을 爲한 選拔指數의 作成에 있어서 選拔의 對象을 몇 個의 形質로 할 것이냐 하는 問題를 提供하고, 그리고 이들 形質이 될 수 있으면 乾燥·脫穀·調製와 같은 時日과 勞力이 要하기 전의 早期에 測定 調査할 수 있는 몇 가지 形質에 對해서 이들 形質을 對象으로 選拔指數를 作成하여야 할 것이 要望된다.

選拔에 있어서는 對象集團에 對하여 每樣 選拔指數를 作成하여야 하고 選拔指數의 作成을 可能한 限 簡單히 하기 爲하여는 選拔對象의 形質이 3, 4個 形質 以下로 그쳐야 하며, 이 選拔指數의 作成이 收穫 調製後의 形質을 對象으로 하는 것보다 收穫直後까지에 調査 測定할 수 있는 形質中에서 選拔하는 것이 時間·勞力·施設의 節約 등 實際面에서 意義가 크므로 本實驗에 있어서는 生育日數(X_1)·分枝數(X_2)·莖直徑(X_3) 등을 選拔對象으로 하였고, 한편 收量과 가장 높은 相關關係가 있는 一株莢數를 Y′로 한 選拔指數의 作成도 試圖하였다.

收量만을 보고 選拔하는 것보다 選拔指數에 依해서 選拔하는 것이 選拔效果가 크다고 指摘된 例가 많다.

Table 7. Selection index

Selection index A (Y=Grain weight/plant)	Selection index B (Y′=Pod no./plant)
$I_{Ⅲ}=0.0113X_1+0.5957X_2$	$I_{Ⅲ}=0.1759X_1+1.6596X_2$
$I_{Ⅳ}=0.0134X_1+0.2386X_2$	$I_{Ⅳ}=0.4837X_1+12.0438X_2$
$I_{Ⅲ}=0.5122X_1+18.3696X_3$	$I_{Ⅲ}=0.1803X_1+103.3906X_3$
$I_{Ⅳ}=-0.0403X_1+21.7448X_3$	$I_{Ⅳ}=0.7212X_1+41.4617X_3$
$I_{Ⅲ}=0.4902X_1+0.1327X_4$	
$I_{Ⅳ}=0.0559X_1+0.0691X_4$	
$I_{Ⅲ}=2.9192X_2+23.3081X_3$	$I_{Ⅲ}=4.1320X_2+108.5380X_3$
$I_{Ⅳ}=0.0192X_2+19.9457X_3$	$I_{Ⅳ}=15.1058X_2+6.4400X_3$
$I_{Ⅲ}=0.2044X_2+0.1419X_4$	
$I_{Ⅳ}=-0.9438X_2+0.0682X_4$	
$I_{Ⅲ}=7.1622X_3+0.1418X_4$	
$I_{Ⅳ}=17.1698X_3+0.0502X_4$	
$I_{Ⅲ}=0.4784X_1+0.9924X_2+19.5509X_3$	$I_{Ⅲ}=0.0706X_1+3.8509X_2+107.9736X_3$
$I_{Ⅳ}=-0.0437X_1-0.2647X_2+21.9497X_3$	$I_{Ⅳ}=-0.5738X_1+11.2936X_2+32.7204X_3$
$I_{Ⅲ}=0.4844X_1+0.2138X_2+0.1394X_4$	
$I_{Ⅳ}=0.0446X_1-0.6143X_2+0.0735X_4$	
$I_{Ⅲ}=0.4904X_1+4.3314X_3+0.1239X_4$	
$I_{Ⅳ}=0.0088X_1+16.7408X_3+0.0600X_4$	
$I_{Ⅲ}=2.2491X_2+8.5950X_3+0.1237X_4$	
$I_{Ⅳ}=-0.9548X_2+17.0554X_3+0.0626X_4$	
$I_{Ⅲ}=0.5958X_1+0.4289X_2+6.4548X_3+0.3874X_4$	
$I_{Ⅳ}=-0.6610X_1-0.9612X_2+17.2822X_3+0.0625X_4$	

Note : Ⅲ, Ⅳ…denote May sowing and June sowing, respectively.
X_1…Days to maturity
X_2…Branch no./plant
X_3…Stem diameter
X_4…Pod no./plant

SMITH 와 SIMLOTE 는 小麥의 選拔에서 選拔指數에 依한 選拔이 效果的이라고 하였고[18),24),26)], NEI[18)]에 依하면 MANNING 은 목화의 多收品種의 育種에서, ROBINSON et al.[23)]은 옥수수, WALLACE et al.[32)]은 귀리의 選拔實驗에서 같은 效果를 보았다. 그리고 JOHNSON et al.[15)]은 大豆 材料로 收量만 보고 選拔하는 代身에 結實日數와 種實重(100粒重)의 組合에 依해서 選拔하여도 거의 같은 程度의 效果를 올릴 수 있고, 더우기 耐倒伏性·含油率을 指數의 對象形質로서 加하여 選拔하면 더욱 選拔效果를 높일 可能性이 있다고 하였다. 그러나 PANSE[21)]는 選拔指數에 依한 效果가 크게 期待되지 못한다고 하였으며, 赤藤 등[26)]은 普通 環境下에서 栽培한 境遇에는 그 效果가 크지 못하고 多少 異常 環境下에서 選拔指數에 依한 選拔效果가 크고 또 選拔指數를 作成하는 데 要하는 勞力과 각 形質에 주어지는 加重値(Weight)가 播種期 年次 그리고 遺傳的集團에 따라서 다르므로 選拔指數의 廣範圍한 利用이 實際面에 있어서 매우 困難하다고 하였다.

ROBINSON et al.[23)]은 옥수수의 遺傳相關의 硏究에서 一株穗數에 對한 選拔이 收量만을 對象으로 했을 때의 選拔보다 더욱 效果的이라고 指摘하고 있다. 그리고 그는 이것은 穗數의 遺傳力이 收量의 그것에 比하여 높은 값을 보이고 穗數와 收量間에 높은 遺傳相關이 存在하는 데 起因하고 있다고 結論짓고 있다.

以上과 같은 觀點에서 收量과 높은 遺傳相關을 가진 遺傳力이 높은 形質은 選拔對象으로서 重要한 形質이 될 수 있고 더우기 大豆는 收穫後 乾燥·脫穀·調製에 많은 時間과 勞力을 要하므로 이들 時間과 勞力이 要하기 전인 收穫直後에 測定 調査할 수 있는 形質을 選拔對象으로 하여야 할 것이 切實히 要望된다.

本實驗의 結果에 依하면 分枝數·莖直徑, 그리고 一株莢數는 遺傳力이 높고 收量과의 遺傳相關이 높은 形質이며 더우기 一株莢數와 收量과는 매우 높은 遺傳相關이 보이고, 또 이들 形質이 收穫直後에 쉽게 調査 測定할 수 있다는 點에서 選拔指數 作成에 있어서의 對象形質로 한 것이다. 따라서 一株粒重을 收量으로 보고 이것을 形質 Y로 하여 作成하기도 하고, 一株莢數를 收量形質 Y′로 하여 각 形質을 組合하여 選拔指數를 만들었다(Table 7).

前報[3)]의 結果와 같이 大豆의 選拔에 있어서는 最終對象形質을 一株粒重 代身에 一株莢數로써 選拔하여도 大差가 없고, 選拔對象形質을 4個形質 以上인 境遇에는 그 效果가 調査와 算出에 要하는 勞力에 比하여 크게 期待될 程度가 못된다. 이와 같은 點에서 多收穫을 目標로 하

는 選拔은 脫穀 調製 전에 一株莢數·分枝數·莖直徑 등에 對하여 調査를 하고 選拔指數를 算出하여 Selection score가 큰 系統부터 選拔하여 가면 된다.

이와 같은 觀點에서 大豆의 多收系統 選拔을 爲한 對象形質로는 生育日數(X_1)·分枝數(X_2)·莖直徑(X_3), 그리고 一株莢數(X_4)의 4個形質 或은 分枝數(X_2)·莖直徑(X_3), 그리고 一株莢數(X_4)의 3個形質로 할 것이 要望되고, 이들 形質의 測定値에서 選拔指數를 作成하여 選拔에 利用하여 가는 것이 選拔指數의 實用面에 있어서도 意義깊은 일이라 믿는다.

Ⅳ 摘 要

大豆增産의 重要性에 비추어 大豆의 多收系統 選拔을 爲하여 前年에 供試한 22品種을 材料로 각 形質의 遺傳力, 각 形質相互間의 遺傳相關, 그리고 選拔指數 등을 再檢討하기 爲하여 選拔實驗을 한 바 大體로 前報[3] 前年의 結果와 같다.

1. 遺傳力

遺傳力을 推定하기 爲하여 播種期別로 각 形質의 平均値의 變動을 보면 第1表와 같이 播種期가 遲延됨에 따라 形質의 平均値는 減少하고(Table 1), 形質中에는 環境에 따라 크게 影響을 받는 것도 있으며(Table 2), 各形質別 遺傳力을 推定한 바 그 結果는 第3表와 같다.

즉 開花日數·結實日數·生育日數 등 生育期間에 關係되는 形質은 그의 遺傳力이 높고 形態的 特性에 關係되는 形質中에서도 莖長 100粒重은 높으나 收量에 關與하는 形質 등은 낮았다. 그리고 播種期에 따라서도 變動을 하며 大體로 播種期가 늦어짐에 따라 減少하는 傾向이 보인다(Table 3).

2. 遺傳相關

각 形質 相互間의 遺傳相關·表現型相關을 알기 爲하여 각 形質의 表現型分散과 각 形質 相互間의 表現型共分散·遺傳共分散. 그리고 環境共分散을 算出한 바 그 結果는 第4,5表와 같고(Table 4,5), 그들의 遺傳相關과 表現型相關은 第6表와 같다(Table 6).

大體로 遺傳相關의 程度는 表現型相關보다 높으나 播種期에 따라서도 變動하고 있다. 一株粒重 즉 收量과 他形質과의 相關을 보면 大體로 前報와 같이 100粒重以外의 諸形質은 正의 相關을 보이며, 播種期에 따라서도 그 값이 變動을 하나 前報에서는 一株粒重과 分枝數 사이에 高度의 相關關係가 보였으나, 本實驗에 있어서는 相關의 傾向이 보였을 따름이다. 그리고 本實驗에 있어서는 一株莢數와 一株粒數間에서 遺傳相關이 1以上의 異常値를 보였다.

3. 選拔指數

選拔의 最終 對象形質을 一株粒重(形質 Y)으로 하여 여기에 여러 形質을 組合한 選拔指數(Selection index A)와 最終 對象形質을 收量과 높은 遺傳相關이 있는 一株莢數(形質 Y′)로 하여 여기에 여러 形質을 組合한 選拔指數(Selection index B)를 ROBINSON et al.[23]의 方法에 依하여 作成하여 본 바 第7表와 같다(Table 7).

前報의 結果와 같이 大豆의 選拔에 있어서는 最終 對象形質을 一株粒重 代身에 一株莢數로써 選拔하여도 大差가 없고, 選拔對象形質을 4個形質以上인 境遇에는 그 效果가 調査와 算出에 要하는 勞力에 比하여 크게 期待될 程度가 못된다. 이와 같은 點에서 多收穫을 目標로 하는 選拔은 脫穀調製 전에 一株莢數·分枝數·莖直徑 등에 對하여 調査를 하고 選拔指數를 算出하여 Selection score가 큰 系統부터 選拔하여 가면 될 것으로 믿는다. 그리고 選拔을 爲한 對象形質로는 生育日數(X_1)·分枝數(X_2)·莖直徑(X_3), 그리고 一株莢數(X_4)의 4個形質 或은 分枝數(X_2)·莖直徑(X_3), 그리고 一株莢數(X_4)의 3個形質로 할 것이 要望되고, 이들 形質의 測定値로 選拔指數를 作成하여 그 指數에서 算出된 Selection score가 큰 系統부터 選拔해 나가는 것이 選拔指數의 利用上 實用的이고 效果的인 方法이라 하겠다.

Ⅴ 引用文獻

(1) ANAND, S.C.·TORRIE, J.H.(1963): Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F_3 and F_4 generations of three soybean crosses. Crop Sci. 3(6) : 508~511

(2) BARTLEY, B.G. · WEBER, C.R.(1954) : Heritable and non-heritable relationships and variability of agronomic characters in successive generations of soybean crosses.

(3) 張權烈(1965) : 大豆育種에 있어서 選拔에 關한 實驗的 硏究. 遺傳力·遺傳相關 그리고 選拔指數. Ph. D. thesis, Korea univ., in press.

(4) DAVIS, W.H. · MIDDLETON, G. K. · HEBERT, T.T. (1961) : Inheritance of protein, texture, and yield in wheat. Crop Sci. 1 : 235~238

(5) FREY, K.J. (1954) : Inheritance and heritability of heading date in barley. Agron. J. 46(5) : 226~228

(6) ———— (1954) : The use of F_2 lines in predicting the performance of F_3 selection in two barley crosses. Agron. J. 46(12) : 541~544

(7) ———— · HORNER, T.(1955) : Comparison of actual and predicted gains in barley selection experiment Agron. J. 47(4) : 186~188

(8) 後木利三(1959) : 菜豆에 있어서의 量的形質의 遺傳. 北海道 農試集報 No.5 : 53~57

(9) 後藤寬治(1956) : 가지에 있어서의 量的遺傳의 分散 및 共分散分析. 育雜 6(3) : 180~184

(10) ———— (GOTOH, K.)(1957) : Genotypic correlations among five economic characters in eggplant.

Ann. Rept. Nat. Inst. Genet. No. 7 : 60~63
(11) ————(1963) : Type inheritance and its implications in selection practices in soybeans. 育雜 13 (2) : 69~75
(12) GRAFIUS, J.E. · NELSON, W. L. · DIRKS (1952) : The heritability of yield in barley as measured by early generation bulked progenies. Agron. J. 44 : 253~257
(13) 堀江正樹·廣野綾子·畑村又好(1959) : 大豆數形質의 遺傳力과 遺傳相關. 育雜 9(4) : 255
(14) 井山審也(1958) : 水稻의 遺傳相關과 環境相關. 植物의 集團育種法研究 146~152, 養賢堂
(15) JOHNSON, H.W. · ROBINSON, H.F. · COMSTOCK, R.E. (1955) : Estimate of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 47(7) : 314~318
(16) KEHR, W.R.·GARDNER, C.O.(1960):Genetic variability in ranger alfalfa. Agron. J. 52 : 41~44
(17) KWON, S.H.(1962):Heritability of several quantitative characters in two soybean crosses. ph. D. thesis, Univ. of Wisconsin.
(18) NEI, M.(1960) : Studies on the application of biometrical genetics to plant breeding. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. No. 82 : 1~100
(19) NIELSON, A.K. · KALTON, R.R.(1959) : Combining ability for seed characteristics in Bromus inermis Leyss. Agron. J. 51 : 178~181
(20) 尾崎薰 · 藤盛郁夫(1962) : 大豆育種에 있어서의 選拔에 關한 實驗的 硏究. 北海道農試彙 No. 77 : 79~91
(21) PANSE, V.G.· KHARGONKER, S.A.(1949) : A discriminant function for selection of yield in cotton. Ind. Cotton Grow. Rev. 3 : 356~375
(22) ROBINSON, H.F.· COMSTOCK, R.E.· HARVEY, P.H. (1949) : Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. Agron. J. 41 : 353~359
(23) ————. ———— ————
(1951) : Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agron. J. 43 : 282~287
(24) 酒井寬一(1956) : 育種과 集團遺傳學. 集團遺傳學 p.13~28, 培風館
(25) SHETH, A.A.(1959) : Heritability estimates of and interrelationships between characters in four soybean crosses. Ph. D. thesis, Univ. of Wisconsin 989
(26) 赤藤克己 · 根井正利 · 福岡壽夫(1958) : 遺傳的 parameter 와 環境. 植物의 集團育種法 硏究 p. 153~162 養賢堂
(27) ————· 川瀨恒男 · 和田定(1960) : 稻遠緣 品種間 雜種의 育種學的 硏究. Ⅱ. 育雜 10(4) : 270
(28) 高橋隆平·安田昭三(1956) : 大麥品種의 生態分布에 關한 硏究. 農林省 應用硏究費에 依한 業績
(29) ————·————(1958) : 大麥에 있어서 出穗期의 遺傳機構와 選拔의 問題. 植物의 集團育種法 硏究 44~63, 養賢堂
(30) THOMAS, H.L.·KERNKAMP, M.F.(1954) : The use of heritability ratios and correlation coefficients for measuring combining ability with smooth bromegrass, Bromus inermis Leyss. Agron. J. 46(12) : 553~556
(31) 島山國土 · 蓬原雄三(1958) : 水稻에 있어서의 個體及 系統의 遺傳力의 推定. 育雜 7(4) : 208~212
(32) WALLACE, A.T.·MIDDLETON,G.K. · COMSTOCK, R.E.· ROBINSON, H.F.(1954) : Genotypic variances and covariances of six quantitative characters in oats. Agron. J. 46 : 484~488
(33) WEBER, C.R.· MOORTHY B.R.(1952) : Heritable and non-heritable relationships and variability of oil content and agronomic characters in the F_2 generation of soybean crosses. Agron. J. 44(4) : 202~209
(34) 吉野至德·尾崎薰·齊藤正隆(1955) : 高脂肪性 大豆의 育種에 關한 硏究 第1報. 雜種初期世代에 있어서의 脂肪含量과 他主要形質과의 關係. 北海道農試彙 No. 68 : 15~24