イネのラムシュ育種法に関する二三の知見*

酒井寛一**・島崎佳郎***

SAKAI Kan-Ichi and SHIMAZAKI Yoshiro: Contributions to the method of bulk-breeding in rice.

自殖性植物におけるラムシュ育種法は NILSSON-EHLE (1912) 以来、歐米に於て廣く行われてきたが、我國では漸く最近注目され始めたばかりで、実際に行われているのは極めて少い。著者らのこの方法に関する考え方は前に酒井 (1949) が発表したが、北海道農業試験場では數年來イネその他についてこれによる育種を實際に行つてきた。これらの育種試験は未だ完了してはいないが、今迄屢々ラムシュ育種法に関する成績を求められたので、こゝに 2, 3 の結果をとりまとめて報告し、同僚の人の参考に供したいと思う。

1. 材料と方法

材料はイネの交配「大國早生×農林 20 號」の組合せで F_2 で系統育種法の爲の個體選擇をした残りを集團栽培したものである。 F_3 (1946) は約 5 畝に直播し、 F_4 (1947) は約 1 反に直播した。この年偶々夏に低温の日があつたので耐冷性の検定年として稔實良好な穂約 1,600 を圃場で穗選擇した。翌年 1948 にはこれらの各穂から 40 個體ずつを養成し、20 個體×2 行として 1,550 の F_5 系統を反覆なしの設計で 1 本植し、ホモの程度を觀察により調査した(純度調査)。この供試面積は 2.5 反で、5 枚の水田に分れたが、熟期の比較のために極早生、早生及び中晩生各 1 品種を各圃場の中央に入れた。こゝで觀察によりほぼホモと見做された系統は極早生 10、早生 72、中晩生 15 であつたがこれらは各 10 株につき 1 株當穂數、穗重、精粒重及び穂長を調べた。

1949 年には上記の早生 72 系統の系統別に採種したものの、同じ組合せから系統育種法により育成した系統の中最も多收と見られたもの 6 を加えて、合計 78 の F_5 系統を比較用に加えた同じ熟期の 3 品種と共に 9×9 シンプルラチスで收量試験に供した。これは生産力検定豫備試験で 1 區面積 0.5 坪、4 回反覆で總面積は約 180 坪になつた 7.5 寸×7.5 寸の 1 株 3 本植とし、1 區は 11 株×3 行であつたが、調査には中央行の 8 株をとり、反當收量は 8 株の精粒重から算出した。

この豫備試験に平行して、各系統 200 個體ずつを 1 本植し、その中任意の 120 個體につき草丈、出穂期等の變異を調べた(固定度検定試験)。これに供試した系統數は圃場の關係で 37 系統とし面積 75 坪に入れた。

尙これらにつき 1950 年には更に選擇と生産力検定試験を續けているが、こゝではこれには觸れない。

2. 試験結果

(1) 生産力検定豫備試験 1 區 0.5 坪、反覆 4 回のシンプルラチスによるバリエーション分析の結果は第 1 表である。

第 1 表 イネの生産力検定豫備試験收量のバリエーション分析

Table 1. Analysis of variance of grain yield of commercial varieties and F_5 strains of rice involving 6 pedigrees and 72 bulk-strains.

變異の原因 Source of variation	D.F.	偏差平方和 Sum of sq.	バリエーション Variance
品 種 Variety	80	22,154.96	276.94
反 覆 Repetition	3	2,263.67	754.55
成分 a Component a	16	1,976.46	
成分 b Component b	16	2,169.83	
ブ ロ ッ ク Block	32	4,246.29	132.70
誤 差 Error	208	14,818.05	71.24

備考：品種の修正した偏差平方和は 18,679.15；バリエーションは 233.49 で 1% 水準で有意

Note: Corrected value of variety or strain sum of square is 18,679.15 and the variance is 233.49 which exceeds the 1% level of significance.

修正した品種 (又は系統) についての偏差平方和は 18,679.15、バリエーションは 233.49 で 1% 水準で有意であつた。又變異係數は 8.4% で一般に認められる範圍よりもやゝ大きかつた。即ち本試験のように極端に小面積の區でも品種間差異は明らかにできることが認められる。生産力検定豫備試験は一般に簡單になり易く極端な場合には反覆のない設計で行われることすらある。區の大きさは精密な研究で定めねばならぬが、上の成績から生産

* 昭和 26 年 3 月受領

** 國立遺傳學研究所 *** 北海道農業試験場

力検定豫備試験のような場合には1區面積を小さくして反覆を増す方が能率的に正確な結果を得られよう。

さてこの試験結果から6育成系統と72ラムシユ系統

の生産力を比較したのが第2表の収量分布表である。

これら兩系統群のバリエーション比は $(V_{po})/(V_{pe})=2.06$

で、この値は5%水準のF値よりも甚だ小さい。又兩

第2表 生産力検定豫備試験供試ラムシユ系統の収量分布

Table 2. Frequency distribution of the grain yields in 2 pedigrees and 72 bulk-strains in 1949 yield trials.

	収 量 (貫/反) Grain yield (Kan/Tan)									計 Total	バリエアンス Variance	平 均 Mean (K/T)
	80~85	85~90	90~95	95~100	100~105	105~110	110~115	115~120	120~125			
ラムシユ系統 Bulk-strains	1	5	16	14	19	10	3	3	1	72	66.42	100.0
系 統 Pedigrees			1	1	2	1	1			6	32.17	102.5
品 種 Varieties		1				1		1		3		

群の平均値の比較をすると、 $F_0=1.0056$ で5%水準のF値(3.96)よりも著しく小さい。従つてこれら兩系統群は同一母集團からの全く典型的な無作為標本であるといつてもこれを否定できない。いま換えると系統育種法で雑種初期世代から選擇を重ねられた選擇系統と、一定世代後にランダムに近いとり出し方でとつたラムシユ系統とは、生産力に関する限り優劣はなく、最も優良な系統を含む機會はたゞその標本の大きさによつてきまるといふ結論を得た。

(2) 1本植 F_0 の2, 3形質と普通植 F_0 の生産力との關係 1本植した F_0 の形質から次代の普通植における生産力をかん定できるかどうかを知るために、1948年の F_0 純度調査でしらべた1株當りの穗數、穗長、穗重及び精穀重と、1949年、 F_0 の生産力検定豫備試験の収量との相關をしらべた。その結果は次の第3表に示す。尙純度調査は反覆なく、しかも5區劃の水田に

第3表 純度調査(1948)の生産形質と生産力検定豫備試験(1949)の収量との相関係數

Table 3. Coefficients of correlation between grain yield in F_0 yield trials in 1949 and some characters connected with yield in homogeneity tests in 1948.

	生産形質 (1948) Characters in 1948			
	株當穗數 Number of panicles per plant	穗 長 Length of panicle	株當穗重 Weight of panicles per plant	株當穀重 Weight of grains per plant
収 量(1949) Grain yield in 1949	+0.02	+0.03	+0.009	+0.09

備考：自由度70における5%水準有意限界値は0.232

Note: The least significant value of r at 5% level of significance at 70 degrees of freedom is 0.232

わたつたので、諸形質の値は實測値を用いず、各水田の中央に入れた標準品種に對する百分比で計算を行つた。本表を見ると前年度のこれら諸形質と次代の生産力との間には全く相關がみられない。

(3) 固定度検定試験 系統育種法では系統のホモの程度を知る爲に個體の次代かん定を行うが、ラムシユ育種法ではこれを行わないのが普通なので別の方法によつて變異性の大小を明らかにする必要がある。この爲

に1949年に生産力検定試験と平行して固定度検定試験を行つた。標準に使つた3既成品種の變異係數は次の通りである。

ラムシユ系統の變異係數は第4表に示す。

第4表 固定度検定試験におけるラムシユ系統の出穂期と草丈の變異係數

Table 4. Coefficients of variability of plant height and heading date in 37 F_0 bulk-strains in 1949. The maximum values of variability in the case of commercial varieties are indicated in the table with broken lines. Numbers in parentheses are numbers of strains which were observed to be somewhat heterogeneous in 1948.

草 丈 Plant height	出穂期 Heading date					系 統 數 No. strains
	<25	25~30	30~35	35~40	40~45	
<2.5	3					3
2.5~3.0	5	1		1	(2)	7 (2)
3.0~3.5	5(3)	1(1)	1(1)	1	1(3)	9 (8)
3.5~4.0	(1)	(1)	2			2 (2)
4.0~4.5	1(1)				2	3 (1)
系 統 數 No. strains	14(5)	2(2)	3(1)	2	3(5)	24(13)

備考：() 内の數字は前年の純度調査でやゝ分離していると見做した系統の數

この中には前年の純度調査でやゝ分離していると見られたものも少し入れた。これらは表中、カッコの中にその数を示した。尙表中の縦と横の破線は既存品種の變異係數から推定した限界値である。いゝかえると、これら破線の位置より小さい値の區劃に入る系統は、現在一般に栽培されている品種と同じ程度に實用上ホモと見做してよいことを示す。

こゝで前年の純度調査における觀察結果と、この固定度檢定試験の結果との關係を見ると第5表のようになる。

第5表 純度調査 (F_2) の觀察結果と固定度檢定試験 (F_3) の變異性と關係

Table 5. Interrelationships between the homogeneity of heading date and of plant height in F_2 , estimated by eye and variability of these characters in F_3 . (++) means larger variabilities in both character than commercial varieties. (+-) means one of both characters is more variable than commercial varieties but the other character is less variable. (--) means lesser variabilities in both characters than commercial varieties.

	F_3 の變異性 Variability in F_3			系統數 No. strains
	++*	+ -**	---***	
F_2 の觀察 Observation in F_2				
{ 固定 Homogeneous	2	6	16	24
{ やゝ分離 More or less heterogeneous		8	5	13

*) 出穂期、草丈兩形質共品種に比し變異性大

**) 兩形質の一方は大、他方は小

***) 兩形質とも變異性小

これによると品種と同じか又はより小さい變異係數を示したラムシユ系統の數は、前年の純度調査でホモと觀察されたものの中 16/24=67%，やゝ分離していると見られたものの中 5/13=38% を得た。

3. 考 察

以上述べた試験結果からイネの育種法についていくつかの問題が検討される。こゝでは便宜上、試験結果の記述を逆に追つて考察してみよう。その第1は交配後初期世代の集團栽培の期間である。この期間の長さは對象とする形質や植物種類によつてちがうが一般的には F_2 以降まで集團栽培を續けるのがよい (酒井 1949)。本報告における固定度檢定試験によれば、 F_2 の純度調査で 40 個體を觀察して大體ホモに近いと判定されたものが、次

代の精しい調査でなおも 1/3 の分離系統を含んだことは F_4 での個體選擇が早過ぎたことを示そう。

純度調査における生産形質と翌年の生産力檢定豫備試験の生産力との間に親子相關が全くなかつたことは實際の育種において興味深いことである。酒井 (1951) はイネ 8 品種を同じ年に 1 本植、普通植、直播の 3 種の栽培法によりそれぞれ 4 回反覆の亂塊法で栽培し、各種生産形質相互間の關係をしらべた。これによると普通植における反當收量と 1 本植における 1 株穗重又は穗數との間には統計學的に充分信頼し得るような高い相關係數は得られなかつた。このことから考えても、本試験のように年次がちがひ、一方の純度調査は反覆なしの簡単な設計で行われ、更に供試系統自體の中に多少の分離性をもっているような場合に全く相關が見られないことは當然期待できることである。他の植物でも、例えば O'KELLY, J. F. and HULL, W. W. (1932, 1933) はトウモロコシとワタの育種に關連して親子相關を研究し、親の收量及び 2, 3 形質と次代の子の收量とは相關のないことを指摘した。又 WEISS, M. G., WEBER, C. R. and KALTON, R. R. (1947) はダイズで年次を異にした F_2 系統と F_4 系統及び F_4 系統と F_5 系統との間の各種形質の相關をしらべたが、その中收量については F_2 と F_4 では 16 組の中有意な相關を示したのは 3 組でしかもその相關は負であり、又 F_4 と F_5 では 13 組の中有意な相關を示したのは 4 組で正 (3) 又は負 (1) の相關であつた。この結果は明らかに年次の相異が大きい影響をもつてであろうことを示している。

實際においてできるだけ多數の個體を選択すべきラムシユ育種法では純度調査で精密な調査を行うことは極めて不利である。従つて純度調査では専ら肉眼觀察によつて混型の程度、主な形態の形質、熟期、倒伏度について大まかな系統選擇を行うに止めるべきである。

系統育種法では毎年各世代に種々の形質について選擇を行い、しかもそれが選擇者の主觀によつて方向づけられるから、これでできた系統とラムシユ法で作られたラムシユ系統とを嚴密に比較検討することはむづかしい。然し本報告における生産力檢定豫備試験で連續選擇系統とラムシユ系統の生産力の分散が同一母集團に屬し、その兩平均値の間に有意の差が全くないということは非常に興味深いことである。言いかえると少くとも生産力に關する限り、 F_2 から始まる選擇は有用であるといゝ難い。これは生産力のような連續變異的形質では當然考えられる所である。

現在主要作物に關する育種は耐害性を除いては既に單純な遺傳子組合せの域を脱して數量的遺傳子の蒐集を目

標としている。所が數量的遺傳子はその數が一般に極めて多く、複數遺傳子、或は更に複雑なポリジーンズ系をなすと考えられている (DARLINGTON and MATHER 1949)。これら多數の遺傳子は一定數の染色體上に連鎖群を作つて分布するから、従つて優良遺傳子の蒐集の爲には遺傳子の乗換にまたねばならぬ。雜種初期世代における個體選擇は遺傳子の種類や數を早期に限定する恐れがあるから從來の系統育種法は改善されねばならぬ所があるように思われる。こういう意味でラムシュ育種法が非常に有用であることは想像に難くない。

4. 結 論

系統育種法で育成された選擇系統をラムシュ育種法によつてはランダムに近いとり方でとり出されたラムシュ系統と比較してみると、生産力に関する限り優劣は認められない。そして最も生産力の高い系統を含む確率はとり出したサンプルの大きさによつてきまる。即ち育種法の如何をとわず、ホモ性に近ずいた世代において澤山のゲン型のちがう系統をもつことが生産力の高い系統を得るに最も確實な方法であることが結論される。

ラムシュ育種法はこの點で非常に有利であるが、最初の個體選擇は特に有効な檢定年のない限りおそくすべきである。個體選擇の翌年に行われる純度調査には系統選擇の基準は、純度の外には倒伏、出穂成熟期、その他主要な形態的形質におき肉眼かん定にとどめるべきで、數量的調査は必要がない。これは年次、栽培法、ヘテロ接合性等がちがう場合には生産形質の親子相關は期待できぬからである。

5. 摘 要

- 1) 北海道農業試験場でイネの同じ交配組合せにつき、一方では系統育種法による系統育成を行うと同時に、集團栽培をしてラムシュ育種の材料とした。
- 2) F_4 の集團栽培が冷害年にぶつかつたので、こゝで主に稔實の高い穂を穗選擇した。翌年1本植の純度調

査を行い、純度により系統選擇をして、その1株當穗數、穗重、精粒重をしらべた。

- 3) 翌年にはこれらの72系統と系統育種による育成6系統とをシンプルラチスで生産力を比較し、同時に37ラムシュ系統につき固定度の檢定を行つた。

4) 試験結果によると、生産力に關しては毎年選擇を續ける系統育種法は、ラムシュ育種法に比べて何もまさらぬ。最高生産力をもつたものは多數のゲン型を比較するラムシュ系統の中から得られた。

- 5) F_5 の純度調査における穗數、穗重、精粒重と翌年 F_6 の生産力との間の相關係數は0.09以下であつた。

6) F_5 の純度調査でホモと見做された系統は翌年 F_6 でその67%が既存の育成品種と同等又はそれ以上の固定度を示した。

- 7) 以上の結果から育種方法について若干の考察を行つた。

この研究は北海道農業試験場上川支場で行われ、中尾俊夫、男澤良吉兩氏の努力に負う所が多く、又星野達三、松村敏兩技官に供試系統の分與その他に援助をうけた。こゝに記して心からお禮申上げる次第である。

参 考 文 献

- DARLINGTON, C. D. and MATHER, K. (1949): The Elements of Genetics. London.
- O'KELLY, V. H. and HULL, W. W. (1932): Parent-progeny correlation in corn. J. Am. Soc. Agron., 24.
- O'KELLY, V. H. and HULL, W. W. (1933): Parent-progeny correlation in cotton. Ibid., 25.
- 酒井寛一 (1949): ラムシュ育種法の理論と方法, 農及園 24.
- 酒井寛一 (1951): 植物育種における選擇の意義に關する實驗的研究, I. 日作紀 (印刷中)
- WEISS, M. G., WEBER, C. R. and KALTON, R. R. (1947): Early generation testing in soybeans. J. Am. Soc. Agron., 39.

Résumé

In order to compare the pedigree method with the bulk-method, parallel experiments were conducted with the same hybrid population of rice. A number of elite-plants were selected in F_2 , and the rest of the population was cultivated in bulk by direct seeding during the following two years. In the second year (1947), we had an opportunity to select cold-resistant plants since the summer was so cool that most of the cultivated rice varieties tended to sterility. A number of panicles were selected and the

grains of each were planted in 1948 in 40 plant-plots with no replication, in order to select among the F_5 families such which showed the least segregation with regard to heading, plant height and other recognizable characters. Of these selected families, the number and weight of panicles and yield of grains per plant were recorded.

In 1949 the 72 bulk-selected strains and the 6 pedigrees, selected and isolated since F_2 , were tested with regard to yield in a simple-lattice experi-

ment, with four replications. Variability of 37 bulk-strains was also tested in the same year on 200 spaced single plants from each strain.

The results of the yield trial in 1949 are shown in tables 1 and 2. Table 1 represents the result of analysis of variance which shows that the differences in grain yield between strains are highly significant. Table 2 represents the frequency distribution of grain yields in the 6 pedigrees and 72 bulk-strains together with 3 commercial varieties. The variance ratio of these two groups of strain is 2.06 which is far less than the F value of the 5% level of significance. Statistical comparison of the means of both strain groups shows that the F value equals 1.0056 which is again far less than the F value of the 5% level of significance. Therefore these two strain groups might have been just as well two random samples taken out from the same population. It means that selection continued through four generations, from F_2 to F_6 , had almost nothing to do with the improvement of yield. The best yielding strains can be safely established by an accurate selection conducted on a large scale after some degree of homozygosis had been attained in the population.

Table 3 shows the correlation coefficients (r) of grain yields per plot in F_6 and the number, length and weight of panicles and weight of grains per plant in F_6 . All of them are far below 0.232 of the 5% level of significance, suggesting that the measurement of these characters in F_6 tells little of the yielding capacities in the next F_6 generation.

Table 4 represents the distribution of the bulk-strains in F_6 with regard to the intrastain variability in heading and plant height. The coefficients of variability in three commercial varieties were about 30~32% in heading and 2.9~3.3% in plant height; the values, considered to be the maximum variability possible for the commercial varieties, are marked by broken lines of demarcation.

Table 5 represents the relation of calculated intrastain variability in F_6 to the observations in F_6 . It shows that 67% bulk-strains which were roughly observed in F_6 as to be homogeneous proved to be as variable as or less variable than commercial varieties.

The conclusions drawn from the above experiments are as follows:

(1) The bulk-method will be more successful than the ordinary pedigree-method in the breeding of autogamous crops for quantitative characters such as yield. The explanation may be found in the consideration that the selection for such a complicated character as yield in an early segregating generation would fail to pick out genotypes of the highest yielding combination.

(2) Estimation of some yield characters on a small number of spaced single plants in an inaccurate field test without any stochastic consideration will often tell nothing on their yielding capacity.

(3) The homozygosity test of F_6 families by inspecting on as many as forty spaced single plants was effective in selecting practically homogeneous families in more than half of those tested.

Mouse における乳腺腫瘍の系統間差異 (抄録)

Mouse の乳腺に腫瘍が出来る事が前世紀の終り頃 (MORAU 1894) に初めて發表された。間もなくこの腫瘍は、或 1 群のものに特によく現われる事がわかり、遺傳的な因子が腫瘍發現に關係しているのではないかと考えられたので、brother-sister mating によつて 20~30 代の交配を重ね、腫瘍の出来易い dba, A, C3H や出来難い Balb C, C57 leaden, C57 black 等という系統が作り出された。

一方同じ乳腺腫瘍の出来易い系統でも腫瘍の出来るのは♀だけでもには現れないし、♀も卵巣を除くと腫瘍發現率が著しく下る事が見出されてから、幾人かの研究者の努力によつて estrogen が乳腺腫を引き起す原因である事がわかつた。

そこで系統間の腫瘍發現率に違いのある原因については各々の系統に腫瘍を起させる物質 — estrogen — の分泌に量的なちがいがあるのか、それとも一定量の estrogen に対する乳腺自體の反應の仕方がちがっているのか、いずれかであると考えられる。前者については、尿中に排泄される estrogen の量、その

他の方法により検討された結果否定的な見方が強くなっている。後者の立場からは、乳腺腫の出来易い系統と出来難い系統の間で同量の estrogen に對し乳腺の反應の仕方がちがう事が實驗的に確められているので、此の説の方が現在では確らしいように思われる。では、一定量の estrogen に対する乳腺の反應のちがいはどういう事であろうか。單に遺傳因子により規制されるといへばそれ迄であるが、最近異種間の乳腺發育反應のちがいについて、いろいろ内分泌學の方面から議論が行われているが、この議論が mouse の系統の間にもそのままあてはまるかどうか、又遺傳因子の働きがこの複雑なからくりのどこに強く働くかも今後の問題となろう。

主な参考文献

1. FOLLEY, S. J. and F. H. MALPRESS: The Hormones /48. Pp. 645; 2. HESTON, W. E & 3. SHIMKIN, M. B.: A Symposium on Mammary Tumors in Mice /45 Pp. 55; Pp. 1, Pp 85.

(東大農, 畜産學教室 横山 昭)