

水稲品種における収量成分の経路分析*

—年次および施肥量による変化—

柴 田 和 博†

PATH ANALYSES OF YIELD COMPONENTS OF RICE VARIETIES UNDER DIFFERENT DOSES OF FERTILIZERS AND YEARS.

Masahiro SHIBATA

I 結 言

水稲品種の相対収量を変化させる環境要因としては気象的なもの、土壌的なもの、生物的なものなどが考えられるが、施肥量もこれらに劣らず大きな影響を与える。一方、品種特性としての大きな要因には出穂性、草型、耐冷性、耐病性、耐倒伏性などがある。そして倒えば、穂数型品種は肥沃地や多肥栽培に適し、穂重型品種は瘠地や少肥栽培に適するなどの一般論がある⁹⁾¹¹⁾。しかし、個々の品種は各種特性の1つの組み合わせ（遺伝子型）であるから、その1つあるいは少数の特性を取り上げて環境と収量との関係を論ずるのは適当でない。

多収品種の育成方向として、少肥（ないし中肥）多収と多肥多収の2つが考えられるが、現在ではその可能性からみて、後者により多くの期待が持たれる。また一般栽培も最近10年ほどの間もっばら多肥多収へ向ってきている。このような時に、多肥多収性品種と少肥多収性品種との間にどんな違いがあるかを知ることは重要な問題である。

水稲品種の収量を形態的な特性や生理生態的な特性の幾つかと関連づけた研究はかなりある¹³⁾¹⁴⁾²⁰⁾²³⁾²⁷⁾。けれども、少なくともその環境に対して、それらだけで充分と考えられるように取り扱

ったものはほとんどないように思われる。もっとも、得られた結果の利用目的によって、対象とする形質やそれらの測定方法が制限される。

本文は、上川支場において年次と施肥量を変えた場合に、どんな品種が多収になるかを従来よりも少しでも詳しく知ろうとした1つの試みである。そして、その結果を育種上、特に系統選抜などに利用することを目的としたものである。

その分析方法としては WRIGHT の経路分析法¹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾³²⁾を用いた。収量成分** としては穂数、1穂粒数、稔実歩合、粒重、出穂日数、登熟日数、および倒伏日数の7形質を取り上げた。しかし、利用しうる資料の制限、技術的な困難さのために十分なものにはできなかった。すなわち、環境要因の中の場所や品種特性の中の耐冷性などは取り上げられなかったし、また、取り上げた形質の測定方法も不完全なものがある。けれども育種事業に携わる者の1人として、この問題は大きな関心を寄せざるを得ないものであり、ここに敢えて発表し大方のご批判とご教示を期待する。

なお、本文を草するに当たり、試験の遂行上種々の御配慮を戴いた舟茂支場長、小林稲作課長ならびにご協力を戴いた同僚野村稔、伊藤登の諸氏に感謝する。

**収量構成要素（穂数、1穂粒数）、同決定要素（稔実歩合、粒重）という言葉が従来用いられているが、ここでは、そのような区別を行わずに、さらに出穂性、登熟性、倒伏性等を加えた全部を「収量成分」と呼ぶことにした。

† 上川支場

* 本文の一部は北農研究発表会(昭和36年6月)で発表した。

II 試験方法

1. 供試材料

資料として当支場の1959年から1961年までの原種決定本試験成績を用いたので、各年とも多少の

品種の異動がある。第1表のように各年には20~30の品種(系統を含む)が用いられたが、3カ年共通の品種は15、連続した2カ年での共通品種は19~20である。

2. 耕種概要

第1表 供試材料

品 種 名	1959	1960	1961	1959~ 1960	1960~ 1961	1959~ 1961	品 種 名	1959	1960	1961	1959~ 1960	1960~ 1961	1959~ 1961
1 水稲農林33号	○	○	○	◎	◎	◎	22 巴 ま さ り		○	○			◎
2 水稲農林15号	○	○	○	◎	◎	◎	23 北 海 182 号		○	○			◎
3 ワセニシキ	○	○	○	◎	◎	◎	24 ヤチミノリ		○	○			◎
4 水稲農林20号	○	○	○	◎	◎	◎	25 空 育 3 号		○				
5 水稲農林34号	○	○	○	◎	◎	◎	26 走 坊 主		○				
6 フクニキ	○	○	○	◎	◎	◎	27 坊 主 5 号		○				
7 ササホナミ	○	○	○	◎	◎	◎	28 イワコガネ		○				
8 ニキモチ	○	○	○	◎	◎	◎	29 オイラセ		○				
9 双 豊 糯	○	○	○	◎	◎	◎	30 フクニキ変			○			
10 石 狩 白 毛	○	○	○	◎	◎	◎	31 北 海 180 号			○			
11 栄 光	○	○	○	◎	◎	◎	32 空 育 8 号			○			
12 トヨヒカリ	○	○	○	◎	◎	◎	33 ミチヒカリ			○			
13 ミマサリ	○	○	○	◎	◎	◎	34 渡 育 125 号			○			
14 トミニシキ	○	○	○	◎	◎	◎	35 上 育 229 号			○			
15 新 栄	○	○	○	◎	◎	◎	36 上 育 234 号			○			
16 上 育 211 号	○	○	○	◎			37 北 海 181 号			○			
17 空 育 1 号	○	○	○	◎			38 北 海 184 号			○			
18 テルニシキ	○	○	○	◎			39 上 育 231 号			○			
19 上 育 167 号	○	○	○	◎			40 上 育 232 号			○			
20 上 育 226 号	○	○	○	◎									
21 シンセツ	○	○	○	◎	◎		合 計	20	29	30	20	19	15

注) ○印は各年の供試品種(系統を含む)。
◎印は連続する2カ年の共通供試品種。
◎印は3カ年の共通供試品種。

第2表 各年の施肥量(10a/kg)

施 肥 区 別	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	雑 魚 粕	堆 肥	1959	1960	1961
I	0	0	0	0	450		○	○
II	2.5	2.0	1.5	5.0	600	○		
III	5.0	4.0	3.0	10.0	750	○	○	○
IV	7.5	6.0	4.5	15.0	900	○		
V	10.0	8.0	6.0	20.0	980	○	○	○
VI	12.5	10.0	7.5	25.0	1,050			
VII	15.0	12.0	9.0	30.0	1,100		○	○

注) 1) Nは硫酸(21.0%)と尿素(46.0%)を半量ずつ、P₂O₅は過石(18.5%)、K₂Oは硫加(50.5%)を使用。堆肥はほぼ生産量に比例させた。
2) ○印はその年に設けた施肥量区を示す。

冷床播種期は4月24日、本田移植期は5月24日、栽植密度は33.3cm×15.0cm×2本で各年とも同一であった。除草などの管理は当支場標準栽培に準じた。病害虫防除は適時に相当徹底的に行なったので、1960年のイネハモグリバエ被害以外は、ほとんど被害がなかった。

施肥量は各年に4段階設けた。詳細は第2表のとおりである。施肥法は全層施肥とした。現在の管内農家の一般栽培と比較すると、草出来からみて、Ⅱ区はやや少肥に相当し、Ⅳ区はほぼ並程度、Ⅴ区は多肥に相当する。Ⅱ区以下の少肥やⅦ区のような極端な多肥は一般には見られない。

なお、供試圃場は磷酸、加里の効果は出にくい、窒素の効果は高い所であり、加えて初期生育がきわめて良いこともあって、Ⅱ区以下では生育後期に茎葉色が淡くなり、年によっては肥料切れ

による秋落傾向が感じられる。

3. 圃場設計

各年とも、施肥区については反復せず、各施肥量区内の品種については乱塊法2反復とした。1区面積は5m²、1区調査面積は3m²で、収量、(玄米重g)、穂数などは1m²当たり換算した値を用いた。

4. 形質の測定

下記の8形質を測定した。すなわち、

収量 (Y): 1m²当たり玄米重g。

穂数 (X₁): 1m²当たり本数。

1穂粒数 (X₂): 平均1穂粒数。

稔実歩合 (X₃): 完全な空籾を除いた%の逆正弦変換値。

粒重 (X₅): 玄米1,000粒量g。

登熟性 (X₇): 出穂期から成熟期までの日数。

第3表 表現型 (Γ_{PII}) および環境相関 (Γ_{EII}) (1959)

形質	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₇	X ₈	X ₉
Y	Ⅱ (43.348)	0.422	0.032	0.206	0.122	-0.015	—	0.515*
	Ⅲ (45.419)	0.424	0.185	-0.083	0.121	-0.084	—	0.539*
	Ⅳ (56.105)	0.144	0.023	0.374	0.141	0.382	0.518*	0.217
	Ⅴ (46.518)	-0.060	0.144	0.249	0.279	-0.030	0.551*	0.391
X ₁	Ⅱ 0.638 (49.302)	-0.696**	-0.227	-0.150	-0.264	—	—	0.148
	Ⅲ 0.833 (58.759)	-0.426	-0.472*	-0.193	-0.015	—	—	0.072
	Ⅳ -0.058 (66.266)	-0.469*	-0.593**	-0.267	0.184	0.204	-0.062	-0.062
	Ⅴ -0.230 (67.111)	-0.582**	-0.648**	-0.248	0.026	-0.009	0.022	0.022
X ₂	Ⅱ 0.246 (9.473)	0.030	-0.173	0.431	—	—	-0.123	
	Ⅲ 0.377 (10.786)	-0.162	-0.268	0.228	—	—	0.030	
	Ⅳ 0.067 (10.715)	0.012	-0.345	0.232	0.117	0.004	0.004	
	Ⅴ -0.177 (9.504)	0.193	-0.228	0.005	0.140	0.030	0.030	
X ₃	Ⅱ -0.400 (3.315)	0.079	0.254	-0.077	—	—	0.138	
	Ⅲ -0.444 (4.263)	-0.199	0.389	-0.157	—	—	0.149	
	Ⅳ 0.760 (6.383)	-0.250	0.134	0.117	0.121	0.021	0.021	
	Ⅴ -0.059 (6.740)	-0.649	-0.396	0.233	0.246	0.261	-0.062	
X ₅	Ⅱ -0.277 (1.112)	-0.493	-0.004	-0.007	-0.198	—	—	0.267
	Ⅲ -0.146 (1.122)	-0.506	-0.228	0.249	-0.458*	—	—	0.356
	Ⅳ 0.261 (1.099)	-0.154	0.132	0.156	-0.361	-0.136	0.325	
	Ⅴ -0.048 (1.056)	-0.279	-0.237	0.436	-0.304	0.071	0.371	
X ₇	Ⅱ 0.032 (3.493)	-0.032	-0.021	0.263	-0.142	—	—	-0.582**
	Ⅲ -0.035 (3.209)	-0.170	0.510	0.224	-0.111	—	—	-0.671**
	Ⅳ 0.409 (3.720)	0.269	0.300	0.244	0.207	0.265	-0.576**	
	Ⅴ 0.326 (4.805)	-0.689	-0.302	0.728	0.449	-0.135	-0.672**	
X ₈	Ⅱ —	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ —	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ 0.466 (2.801)	0.123	0.391	0.383	0.169	0.834	0.165	
	Ⅴ 0.336 (3.689)	-0.737	-0.201	0.664	0.443	0.959	-0.310	
X ₉	Ⅱ 0.519 (3.560)	0.497	-0.190	-0.536	-0.075	-0.323	—	(3.560)
	Ⅲ 0.753 (3.636)	0.617	0.411	-0.450	-0.204	-0.091	—	(3.636)
	Ⅳ 0.102 (3.637)	0.133	-0.547	0.114	-0.005	-0.279	-0.390	(3.637)
	Ⅴ 0.106 (4.014)	0.709	0.338	-0.858	-0.447	-0.696	-0.645	(4.014)

注) 1) 対角線上の () 内は表現型 variance。対角線の右上側は表現型相関。同じく左下側は環境相関。

2) **印は1%水準で有意,*印は5%水準で有意。d.f.=18.

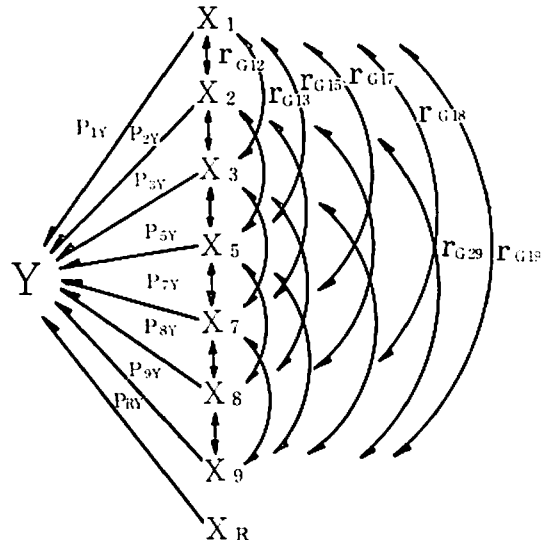
耐倒伏性 (X_6): 出穂期から1/2完全倒伏²⁾までの日数。出穂性 (X_9): 7月31日を0とした日数。

なお、1/2完全倒伏日から約20日を経過すると、ほとんどの場合に茎葉が変色枯死し、穂発芽も始まるので、この20日目には刈り取るのを原則とした。また、1960および1961年のV以上の区は倒伏が早く成熟期が不明な品種が多かったので、反復力を考慮した上で、登熟日数はIII区の値を代用して算出した相関を遺伝子型相関とした。

5. 経路分析

収量成分として考えた穂数 (X_1), 1穂粒数 (X_2), 稈実歩合 (X_3), 粒重 (X_6), 登熟日数 (X_7), 倒伏日数 (X_8) および出穂期 (X_9) の7形質の効果が相加的であると仮定し、第1図のような causal system を想定した。そして、経路分析法¹⁰⁾³²⁾に従って経路係数 (P_{iy}) を算出した。 P_{iy} の算出式は次のと

第1図 収量(Y)とその成分の causal system



注) 経路係数 (P_{iy}) は矢印 (←) で、遺伝子型相関 (r_{Gij}) は両頭矢印 (↔) で示した。

第4表 表現型 (r_{Pij}) および環境相関 (r_{Eij}) (1960)

形質	Y	X_1	X_2	X_3	X_6	X_7	X_8	X_9
Y	I (30.330)	0.566	-0.136	-0.040	-0.047	0.447*	—	0.376*
	III (35.424)	0.557	-0.127	-0.167	-0.123	0.222	—	0.417*
	V (65.792)	-0.297	0.096	0.455*	0.412*	—	0.725**	0.120
	VII (73.937)	-0.233	-0.060	0.461*	0.487**	—	0.766**	-0.164
X_1	I	0.423 (45.051)	-0.750**	0.023	-0.260	0.166	—	0.316
	III	0.477 (60.426)	-0.641**	-0.483**	-0.378*	0.524**	—	0.103
	V	-0.637 (76.146)	-0.441*	-0.540**	-0.372*	—	-0.066	0.083
	VII	-0.151 (76.990)	-0.524**	-0.472**	-0.177	—	-0.078	0.063
X_2	I	0.052	-0.127 (9.803)	-0.105	0.054	0.159	—	-0.059
	III	-0.099	-0.239 (8.276)	0.070	-0.027	-0.120	—	0.147
	V	-0.209	0.001 (9.481)	-0.101	-0.018	—	-0.140	0.086
	VII	-0.201	-0.035 (9.741)	0.074	-0.154	—	-0.098	0.032
X_3	I	-0.091	0.143 (3.551)	0.039	0.261	-0.473**	—	0.510**
	III	0.122	-0.334 (4.480)	0.281	0.309	-0.644**	—	0.180
	V	0.174	-0.229 (5.656)	-0.199	0.474**	—	0.343	-0.147
	VII	0.336	-0.336 (5.886)	0.058	0.117	—	0.441*	0.011
X_5	I	0.457	-0.113 (0.951)	0.073	-0.152	-0.234	—	-0.118
	III	-0.339	-0.684 (0.942)	-0.139	0.440	-0.239	—	-0.199
	V	0.561	-0.467 (0.946)	-0.037	0.038	—	0.268	-0.363
	VII	0.339	-0.226 (0.978)	0.105	-0.026	—	0.421	-0.436*
X_7	I	0.158	0.284 (3.900)	-0.026	0.202	-0.038	—	-0.172
	III	0.150	0.322 (4.860)	-0.015	-0.021	-0.162	—	-0.073
	V	—	—	—	—	—	—	—
	VII	—	—	—	—	—	—	—
X_8	I	—	—	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—
	V	0.558	-0.752 (9.455)	-0.192	0.236	0.280	—	-0.074
	VII	0.310	-0.622 (9.005)	-0.133	0.461	0.036	—	-0.332
X_9	I	0.019	0.047	-0.121	0.192	-0.241	-0.041	(2.809)
	III	0.304	0.469	0.221	-0.215	-0.551	0.237	(2.768)
	V	-0.506	0.167	0.178	-0.139	-0.451	—	(3.102)
	VII	-0.193	0.449	0.161	-0.368	0.124	—	(3.073)

注) 1) 対角線上の () 内は表現型の $\sqrt{\text{variance}}$ 。対角線の右上側は表現型相関。同じく左下側は環境相関。

2) **印は1%水準で有意。*印は5%水準で有意。 d. f. = 27.

おりである：

$$\Gamma_{GiV} = \sum_j \Gamma_{Gij} P_{jV}$$

(ただし、 $i = j$ ならば $\Gamma_{Gij} = 1$) ……(1)

$$1 = \sum_i P_{iV}^2 + \sum_{\substack{i,j \\ i \neq j}} P_{iV} \Gamma_{Gij} P_{jV} + P_{RV}^2 \dots\dots\dots(2)$$

ここで $i, j = 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9$ であるから、(1)式からの7個と(2)式の合計8個の連立方程式の同時解として P_{iV} および P_{RV} が得られる。 Γ_{Gij} などは遺伝子型相関で、分散および共分散分析から算出した^{7,8,15)}。Ⅱ区以下の施肥量では各年とも倒伏しなかつたので、それらでは X_9 は含まれない。 X_R は causal system に完全決定があるように変換するために、ほかのすべての成分と相関せず、平均値0と単位分散を持つ変量として導入した¹⁰⁾。

III 試験結果

1. 表現型、遺伝子型および環境相関

年次別、施肥量別の表現型 (Γ_{PiV})、環境 (Γ_{EiV})、および遺伝子型相関 (Γ_{Gij}) を第3～8表に示した。

(1) Γ_{PiV} , Γ_{Gij} 及び Γ_{EiV} の関係 Γ_{PiV} と Γ_{Gij} は多くの場合にほぼ同じ値であったが、1959年のⅤ区の $\Gamma_{P3V}(0.249)$ と $\Gamma_{G3V}(0.771)$ のように異なる場合もあった。絶対値でみると、1960年には Γ_{Gij} の方がやや大きき場合が多かったが、ほかの年では明らかな傾向がなかった。

Γ_{PiV} と Γ_{EiV} も同じような値になることが多かったが、 Γ_{PiV} と Γ_{Gij} との間よりも食い違う場合が多かった。例えば、1960年のⅤ区の $\Gamma_{P3V}(0.120)$ と $\Gamma_{E3V}(-0.506)$ のように符号が逆になる場合もあった。

第5表 表現型 (Γ_{PiV}) および環境相関 (Γ_{EiV}) (1961)

形質	Y	X_1	X_2	X_3	X_5	X_7	X_8	X_9
Y	I (24.871)	0.442*	-0.089	0.313	0.185	0.182	—	0.477**
	III (42.028)	0.334*	-0.010	-0.239	0.035	0.313	—	0.653**
	V (88.651)	-0.358*	0.250	0.319	0.186	—	0.736**	0.077
	VII (108.857)	-0.509**	0.336	0.562**	0.122	—	0.781**	0.126
X_1	I 0.511	(37.173)	-0.796**	-0.033	-0.017	-0.171	—	0.153
	III 0.509	(62.351)	-0.749**	-0.249	-0.182	0.253	—	0.018
	V -0.480	(73.668)	-0.692**	-0.380*	-0.160	—	-0.392*	0.156
	VII -0.317	(73.938)	-0.694**	-0.520**	-0.095	—	-0.355	0.156
X_2	I -0.041	-0.340	(8.899)	-0.001	-0.184	0.220	—	0.094
	III 0.271	0.147	(11.025)	-0.125	-0.030	0.175	—	0.146
	V -0.003	-0.001	(12.597)	-0.126	-0.044	—	0.105	0.073
	VII -0.004	-0.138	(12.948)	0.027	0.052	—	0.154	0.036
X_3	I -0.084	-0.010	-0.322	(2.518)	0.112	-0.167	—	0.267
	III -0.118	0.357	-0.348	(4.330)	0.045	-0.648**	—	0.009
	V 0.480	-0.504	-0.268	(6.658)	0.061	—	0.440*	-0.281
	VII 0.401	-0.209	-0.027	(8.058)	0.046	—	0.578**	-0.133
X_5	I 0.283	-0.316	0.194	-0.193	(0.898)	0.160	—	-0.096
	III -0.030	0.082	-0.155	0.265	(0.864)	0.014	—	0.035
	V 0.489	-0.586	-0.096	0.462	(0.820)	—	0.192	-0.252
	VII 0.452	-0.037	-0.053	0.064	(0.955)	—	0.092	-0.283
X_7	I -0.093	-0.175	0.035	0.285	-0.036	(3.866)	—	-0.187
	III 0.233	0.220	0.467	-0.330	-0.130	(3.951)	—	-0.123
	V —	—	—	—	—	—	—	—
	VII —	—	—	—	—	—	—	—
X_8	I —	—	—	—	—	—	—	—
	III —	—	—	—	—	—	—	—
	V 0.738	-0.755	0.015	0.602	0.558	—	(10.287)	-0.137
	VII 0.793	-0.230	-0.197	0.551	0.185	—	(8.922)	-0.142
X_9	I 0.168	0.355	-0.008	-0.250	-0.120	0.043	—	(2.919)
	III 0.379	0.051	0.386	-0.387	0.087	0.358	—	(2.876)
	V -0.565	0.617	0.051	-0.370	-0.346	—	-0.761	(2.972)
	VII -0.541	0.328	-0.245	-0.592	-0.179	—	-0.571	(2.987)

注) 1) 対角線上の () 内は表現型の $\sqrt{\text{variance}}$ 。対角線の右上側は表現型相関。同じく左下側は環境相関。

2) **印は1%水準で有意, *印は5%水準で有意。 d. f. = 28.

Γ_{Fij} の中で各年とも有意性があつたのは X_1 と X_2 , X_1 と X_3 (少肥区を除く) および X_9 と Y (多肥区を除く) の間であり, 前2者は負の, 後者は正の相関であつた。

(2) Γ_{Gij} の施肥量変化 まず, Y とその成分形質との Γ_{Giv} をみると次のようであつた。すなわち, Y と X_1 は各年とも少肥では正であつたが多肥になると次第に小さくなり, さらに負相関へと変化した。 X_2 は1961年の多肥区(VおよびⅦ区)で正のやや大きな値(0.461および0.682)となつた

が, その他では小さな値(0.292以下)で, 施肥量による変化にも一定の傾向がなかつた。 Y と X_3 の場合も施肥量による変化は複雑であつたが, VおよびⅦ区では各年とも比較的大きな正相関(0.502以上)があつた。 X_5 では, 1960年のⅦ区(0.511)以外は小さな値であり, 一定の施肥量変化は見出せなかつた。 X_7 も年次によってかなり変動し, 特定の傾向はなかつた。 Y と X_9 は各年とも各施肥量区内では最も高い正相関(0.556~0.880)があつた。 X_9 は各年とも比較的少肥(Ⅵ以

第6表 遺伝子型相関(Γ_{Gij}), 遺伝力(h^2) および反復力(Γ_2) (1959)

形質	Y	X_1	X_2	X_3	X_5	X_7	X_8	X_9
Y	Ⅱ	(38.770)	0.414	-0.056	0.345	0.128	-	0.529
	Ⅲ	(33.548)	0.275	0.025	0.186	0.183	-0.120	0.589
	Ⅳ	(41.519)	0.234	-0.007	0.230	0.142	0.400	0.290
	V	(42.835)	-0.032	0.209	0.771	0.311	-0.111	0.637
X_1	Ⅱ		(44.809)	-0.828	-0.144	-0.114	-0.326	0.110
	Ⅲ		(53.607)	-0.685	-0.544	-0.181	0.001	0.002
	Ⅳ		(63.334)	-0.515	-0.651	-0.277	0.181	0.243
	V		(64.622)	-0.759	-0.770	-0.249	0.144	-0.053
X_2	Ⅱ		(7.809)	-0.021	-0.229	0.622	-	-0.122
	Ⅲ		(8.241)	-0.163	-0.333	0.219	-	-0.050
	Ⅳ		(10.044)	-0.017	-0.397	0.207	0.032	0.065
	V		(8.066)	0.825	-0.258	0.097	0.295	-0.026
X_3	Ⅱ			(2.659)	0.266	-0.242	-	0.268
	Ⅲ			(3.001)	0.514	-0.306	-	0.364
	Ⅳ			(5.850)	0.355	0.088	0.036	0.015
	V			(2.740)	0.442	-0.144	-0.241	0.484
X_5	Ⅱ				(1.100)	-0.234	-	0.282
	Ⅲ				(1.124)	-0.474	-	0.384
	Ⅳ				(1.086)	-0.425	-0.197	0.346
	V				(1.058)	-0.379	0.042	0.419
X_7	Ⅱ					(3.036)	-	-0.653
	Ⅲ					(3.179)	-	-0.701
	Ⅳ					(3.458)	0.101	-0.611
	V					(4.348)	-0.508	-0.676
X_8	Ⅱ						-	-
	Ⅲ						-	-
	Ⅳ						(2.346)	0.277
	V						(3.097)	0.539
X_9	Ⅱ							(3.475)
	Ⅲ							(3.555)
	Ⅳ							(3.578)
	V							(3.855)
h^2	Ⅱ	0.807	0.817	0.664	0.692	0.977	0.738	0.929
	Ⅲ	0.534	0.812	0.569	0.527	0.981	0.962	0.936
	Ⅳ	0.536	0.894	0.890	0.820	0.952	0.850	0.947
	V	0.838	0.905	0.726	0.162	0.977	0.798	0.687
Γ_2	0.620	0.866	0.714	0.475	0.949	0.769	0.686	0.927

注) 1) 形質Y, X_1, \dots, X_9 および施肥量区Ⅱ~Ⅴについては, 第2表参照。
 2) h^2 は遺伝力を, Γ_2 は施肥量区Ⅱ~Ⅴに互る反復力を示す。ただし, X_8 の場合はⅣとⅤにわたる反復力を示す。

$$h^2 = \frac{\sigma^2_v}{\sigma^2_E + \sigma^2_v} \quad \Gamma_2 = \frac{\sigma^2_v}{\sigma^2_E + \sigma^2_{FV} + \sigma^2_v}$$

3) 対角線上の () 内の数字は $\sqrt{\text{variance}}$ 。

下の区)でやや高い正相関(0.470~0.750)があり、多肥になると小さな値になる傾向があった。

次に、Y(収量)の成分形質間の Γ_{Gij} (遺伝相関)は Γ_{Pij} (表現型相関)と似通った傾向があったすなわち、 X_1 と X_2 とは各年各施肥量区とも高い負相関(-0.909~-0.515)があり、 X_1 と X_3 とは各年ともⅢ以上の多肥区でやや高い負相関(-0.285~-0.770)があった。 X_3 と X_7 の相関は1959年には小さかった(-0.306~0.088)が、1960年(-0.550~-0.821)と1961年(-0.296~-0.798)には大きかった。 X_7 と X_9 とは各年各施肥量区とも負相関

であったが、1959年(-0.611~-0.701)に比較してほかの2カ年(-0.051~-0.260)は小さかった。上記以外の収量成分形質間の相関はほとんどの場合に比較的小さく、施肥量変化も明瞭でなかった。

(3) 遺伝力(h^2)と反復力(Γ_2) 各年の各施肥量区別に算出した遺伝力(h^2)と各年次内の各施肥量区にわたる反復力(Γ_2)を第6~8表の最下欄に示した。

まず h^2 をみると、Yでは1961年Ⅴ区(0.422)が最低で、1959年Ⅴ区(0.838)が最高であった。

第7表 遺伝子型相関(Γ_{Gij})、遺伝力(h^2)および反復力(Γ_2)(1960)

形質	Y	X_1	X_2	X_3	X_5	X_7	X_8	X_9	
Y	I	(26.376)	0.603	-0.208	-0.046	-0.120	0.518	—	0.470
	Ⅲ	(25.832)	0.570	-0.209	-0.228	-0.086	0.171	—	0.511
	V	(54.544)	-0.219	0.292	0.653	0.371	-0.504†	0.809	0.255
	Ⅶ	(63.062)	-0.209	-0.072	0.502	0.511	-0.431†	0.880	-0.160
X_1	I	(43.520)	-0.881	-0.007	-0.273	0.147	—	—	0.347
	Ⅲ	(54.928)	-0.779	-0.512	-0.355	0.539	—	—	0.067
	V	(71.167)	-0.691	-0.683	-0.353	0.442†	0.115	—	0.056
	Ⅶ	(71.225)	-0.672	-0.552	-0.150	0.473†	0.095	—	0.024
X_2	I	(8.639)	-0.164	0.052	0.203	—	—	—	-0.048
	Ⅲ	(7.285)	0.114	-0.010	-0.166	—	—	—	0.144
	V	(7.165)	0.081	0.009	-0.034	-0.034	-0.044	—	0.040
	Ⅶ	(7.676)	0.001	-0.263	-0.010	-0.010	-0.176	—	0.033
X_3	I	(3.026)	—	—	0.338	-0.687	—	—	0.616
	Ⅲ	(3.732)	—	—	0.312	-0.821	—	—	0.259
	V	(4.029)	—	—	0.691	-0.551†	0.346	—	-0.137
	Ⅶ	(3.974)	—	—	0.144	-0.752†	0.389	—	0.116
X_5	I	(0.933)	—	—	—	-0.263	—	—	-0.112
	Ⅲ	(0.928)	—	—	—	-0.245	—	—	-0.183
	V	(0.865)	—	—	—	-0.246†	0.257	—	-0.353
	Ⅶ	(0.932)	—	—	—	-0.160†	0.478	—	-0.471
X_7	I	(3.559)	—	—	—	—	—	—	-0.181
	Ⅲ	(4.414)	—	—	—	—	—	—	-0.113
	V	—	—	—	—	—	-0.303†	—	-0.119†
	Ⅶ	—	—	—	—	—	-0.289†	—	-0.051†
X_8	I	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ	—	—	—	—	—	—	—	—
	V	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅶ	—	—	—	—	—	(8.147)	—	-0.038
X_9	I	—	—	—	—	—	—	—	(2.765)
	Ⅲ	—	—	—	—	—	—	—	(2.743)
	V	—	—	—	—	—	—	—	(2.997)
	Ⅶ	—	—	—	—	—	—	—	(3.039)
h^2	I	0.761	0.921	0.765	0.722	0.947	0.822	—	0.970
	Ⅲ	0.635	0.847	0.766	0.700	0.958	0.839	—	0.967
	V	0.677	0.881	0.595	0.536	0.825	—	0.774	0.930
	Ⅶ	0.759	0.872	0.631	0.484	0.903	—	0.784	0.965
Γ_2	0.220	0.830	0.624	0.360	0.708	0.661	0.783	0.934	

注) 1) 形質 Y, X_1 , …… X_9 および施肥量区 I ……Ⅶの詳細は本文および第2表参照。
 2) h^2 は遺伝力、 Γ_2 は I~Ⅶにわたる反復力を示す。ただし、 X_7 では I とⅢの、 X_8 では V とⅦの反復力。
 3) 対角線上の () 内は $\sqrt{\text{variance}}$ 。
 4) †印を付した値は X_7 としてⅢの平均値を代用して算出したもの。

X₁ ではいずれも0.793 (1961年V区) 以上でかなり高く、X₂ でも0.569~0.890 となりかなり高かった。X₃ の h² は1959年V区 (0.162) が特に低く、ついで1961年VII区 (0.385), 1960年VII区 (0.484) が低かったが、その他は0.527~0.820 の間にあった。X₅ とX₉ はいずれも0.786~0.981 の間があり、全形質中最も高い値であった。X₇ は0.696~0.962の間にあった。最後に、X₈ は1961年V区 (0.239) のみが低く、その他は0.692~0.784の間にあった。以上の h² の中で、X₃ のみは各年とも

施肥量が増すほど低くなる傾向があったが、その他の形質の施肥量変化には明らかな傾向がなかった。

次に年次別の Γ₂ をみると、Y (0.204~0.620) とX₃ (0.353~0.475) では低かったが、その他の形質では0.459~0.949 の間にあり、かなり高いものが多かった。敵密には、1959年(II~V)はほかの2カ年 (I~VII) より施肥量の幅が狭い点を考慮しなければならぬ。特に、この年のYについての Γ₂ (0.620) はほかの年 (0.204~0.220) よりかなり高

第8表 遺伝子型相関 (r₀₁), 遺伝力 (h²) および反復力 (Γ₂) (1961)

形質	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₇	X ₈	X ₉	
Y	I	(21.757)	0.442	-0.115	0.442	0.180	0.285	—	0.549
	III	(34.280)	0.361	-0.114	-0.204	0.076	0.192	—	0.750
	V	(57.113)	-0.313	0.461	0.038	0.022	-0.207†	0.792	0.395
	VII	(70.518)	-0.566	0.682	0.509	-0.103	-0.295†	0.736	0.361
X ₁	I	(34.626)	-0.909	-0.028	0.012	-0.191	—	0.137	
	III	(59.869)	-0.876	-0.416	-0.195	0.247	—	0.008	
	V	(65.080)	-0.874	-0.285	-0.041	0.246†	-0.125	0.051	
	VII	(67.908)	-0.892	-0.658	-0.069	0.235†	-0.233	0.115	
X ₂	I	(7.753)	0.096	-0.246	0.302	—	—	0.119	
	III	(10.309)	-0.035	-0.014	0.079	—	—	0.118	
	V	(11.847)	-0.009	-0.024	0.002†	0.372	—	0.055	
	VII	(11.609)	0.330	0.100	-0.130†	0.449	—	0.039	
X ₃	I	(2.162)	0.155	-0.296	—	—	—	0.356	
	III	(3.195)	-0.011	-0.798	—	—	—	0.119	
	V	(4.014)	-0.176	-0.575†	-0.268	—	—	-0.230	
	VII	(3.604)	-0.124	-0.599†	0.118	—	—	0.008	
X ₅	I	(0.884)	0.199	—	—	—	—	-0.093	
	III	(0.849)	0.073	—	—	—	—	0.037	
	V	(0.742)	0.161†	-0.082	-0.230	—	—	-0.230	
	VII	(0.849)	0.115†	-0.017	-0.297	—	—	-0.297	
X ₇	I	(3.382)	—	—	—	—	—	-0.237	
	III	(3.046)	—	—	—	—	—	-0.260	
	V	—	-0.109†	—	—	—	—	-0.177†	
	VII	—	-0.070†	—	—	—	—	-0.156†	
X ₈	I	—	—	—	—	—	—	—	
	III	—	—	—	—	—	—	—	
	V	(4.585)	—	—	—	—	—	0.279	
	VII	(6.127)	—	—	—	—	—	-0.048	
X ₉	I	—	—	—	—	—	—	(2.890)	
	III	—	—	—	—	—	—	(2.808)	
	V	—	—	—	—	—	—	(2.811)	
	VII	—	—	—	—	—	—	(2.955)	
h ²	I	0.756	0.858	0.753	0.733	0.954	0.771	—	0.969
	III	0.744	0.916	0.865	0.568	0.950	0.696	—	0.940
	V	0.422	0.793	0.883	0.530	0.808	—	0.239	0.900
	VII	0.483	0.924	0.806	0.385	0.786	—	0.692	0.977
Γ ₂	0.204	0.810	0.800	0.353	0.834	0.610	0.459	0.937	

注) 1) 形質 Y, X₁……X₉ および施肥量区 I~VII については本文および第2表参照。

2) h² は遺伝力を、Γ₂ は施肥量区 I~VII にわたる反復力を示す。ただし、X₈ の場合は V と VII にわたる反復力を、X₇ では I と III にわたる反復力を示す。

$$h^2 = \frac{\sigma^2_v}{\sigma^2_E + \sigma^2_v} \quad \Gamma_2 = \frac{\sigma^2_v}{\sigma^2_E + \sigma^2_{FV} + \sigma^2_v}$$

3) 対角線上の () 内は $\sqrt{\text{variance}}$ 。

4) † 印は X₇ の値として III 区の平均値を代用して算出した値。

くなったが、これには年次による影響もあろうが施肥量の幅が狭いことによる影響が大きいであろう。

2. 収量と各収量成分の経路係数 (P_{IV})

第1図に示した causal system の下で得られる連立方程式の解として求めた経路係数 (P_{IV}) を一括して第9表に示した。

この表からわかるように、各成分の P_{IV} は同一年次内の施肥量区間でも、同一施肥量区の年次間でもきわめて複雑に変化した。例えば P_{IV} についてみると、1959年Ⅱ区では正に、Ⅲ区では負に、ⅣとⅤ区では再び正になった。符号の正負を問わずにその絶対値でみると、多くの場合に、P_{IV} と P_{IV} が最も大きな値となった。これらのほかで

は、

P_{IV} が1959年ⅡとⅣ区、1960年ⅤとⅦ区、1961年Ⅴ区において、

P_{IV} が1959年Ⅴ区において、

P_{IV} が1960年Ⅰ区において、

P_{IV} が1960年Ⅶ区、1961年ⅤとⅦ区において、

P_{IV} が1960年Ⅰ区、1961年Ⅱ区において、

それぞれ正または負にかなり、大きい値となった。最後に、P_{IV} はいずれにおいても比較的小さく、収量の大部分が最初に想定した成分形質とその causal system によって説明されたと考えられる。

3. 遺伝子型相関 (r₀₁) と経路係数 (P_{IV}) との関係

第9表 年次別施肥量区別の各成分形質の経路係数 (P_{IV})

characters		P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}	P _{IV}
years and fert. doses									
1	Ⅱ (ratio)	3.372 (+30)	3.799 (+34)	-0.467 (+4)	1.138 (+10)	-1.306 (-12)	-	-0.536 (-5)	0.510 (+5)
9	Ⅲ (ratio)	-27.726 (-29)	-24.460 (-25)	-18.763 (-19)	-5.465 (-6)	5.521 (+6)	-	12.194 (+13)	0.576 (+2)
5	Ⅳ (ratio)	1.160 (+26)	0.734 (+16)	0.740 (+17)	0.596 (+13)	0.382 (+9)	0.214 (+5)	0.293 (+7)	0.351 (+8)
9	Ⅴ (ratio)	1.585 (+30)	1.563 (+30)	0.189 (+4)	0.949 (+18)	-0.142 (-3)	-0.158 (-3)	0.072 (+1)	0.579 (+11)
1	Ⅰ (ratio)	-0.307 (-9)	-0.636 (-18)	-0.179 (-5)	0.189 (+5)	0.778 (+23)	-	0.826 (+24)	0.526 (+15)
9	Ⅲ (ratio)	1.909 (+38)	1.159 (+23)	-0.108 (-2)	0.555 (+11)	-0.586 (-12)	-	0.313 (+6)	0.343 (+7)
6	Ⅴ (ratio)	-20.465 (-31)	-12.230 (-19)	-15.402 (-23)	3.118 (+5)	3.055 (+5)	8.141 (+12)	1.583 (+2)	0.581 (+1)
0	Ⅶ (ratio)	-2.276 (-27)	-1.481 (-18)	-1.337 (-16)	-0.732 (-9)	0.086 (+1)	1.839 (+22)	0.342 (+4)	0.253 (+3)
1	Ⅰ (ratio)	14.918 (+33)	16.342 (+36)	-1.386 (-3)	4.699 (+10)	-3.955 (-9)	-	-3.413 (-7)	0.684 (+2)
9	Ⅲ (ratio)	-0.875 (-19)	-1.063 (-23)	-0.301 (-7)	-0.192 (-4)	0.543 (+12)	-	1.066 (+24)	0.493 (+11)
6	Ⅴ (ratio)	0.037 (+1)	0.188 (+7)	0.490 (+18)	0.234 (+9)	0.175 (+7)	0.824 (+31)	0.352 (+13)	0.366 (+14)
1	Ⅶ (ratio)	-1.754 (-32)	-1.225 (-22)	-0.429 (-8)	0.073 (+1)	-0.142 (-3)	0.931 (+17)	0.600 (+11)	0.371 (+7)

注) () 内の数値は各年の各施肥量区別に P_{IV} の絶対値の合計を 100 としたときの値で、これには特別な意味はないが各 P_{IV} の比較を直観的なものにするために示してある。

係にあると考えられる。したがって、屑米は収量成立の要因ではなく、屑米を生ずる要因が収量成立の要因である。そこで屑米を生ずる X_1, X_2, X_3 および X_5 以外の要因として登熟力 { (同化-呼吸) \times 穂への転流率 }、倒伏および病虫害なが考えられる。倒伏は先にのべた倒伏日数で評価したが、病虫害は環境条件と薬剤防除によってほとんどみられなかったので要因の中から省いた。残された登熟力には形態のおよび生理生態的な多くの要因が関与することが報告されており¹³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁹⁾、またその測定も容易でないので、これに代わる便宜的な要因として登熟日数 (X_7) と出穂期 (X_9) とを考えた。これら2形質は、大雑把に考えれば、栄養生長と生殖生長の期間を示すものであり、角田³²⁾³³⁾によれば、早晩生を支配している内的要因が多収性を強力に支配していることは疑うことができない、としている。また GRAFIUS⁴⁾ の大麦での研究によれば、出穂性は穂数に關与する要因でもある。さらに、出穂性は環境、特に気象条件の変化による影響をも同時に示すであろう。なお、登熟日数と関連の深い純同化能力 (同化-呼吸) は個体群の受光能率と密接な関係にあり、これは穂数、稈長、葉の厚さや配置などによって支配されることが報告されている¹⁵⁾²⁵⁾²⁸⁾。

以上のような考慮から収量成分として $X_1, X_2, X_3, X_5, X_7, X_8$ および X_9 の7形質を考えたのである。つまり、収量を量的な成分 (X_1, X_2, X_3, X_5) と質的な成分 (X_7, X_8, X_9) から成ると考えたのである。

次に、各形質の測定は、本文の目的から、先に記したようになるべく単純な方法で行なった。ここでは、 X_8 のみについて若干の考察を加える。倒伏程度の厳密な評価には傾斜角度や屈折と彎曲などを分けて考えるのが適当であろう²⁶⁾が、本文での立場からは、要するに遺伝力が高く、収量との遺伝相関が高くなる方法であればよいであろう²²⁾。倒伏による収量への影響は、滝口²⁶⁾によれば、開花後20日目以上では90度曲げても、完熟できるような状況下では3%程度にすぎず、また、地際からの倒伏と地上約15cmからの倒伏にも大差がない。本試験では、第11表に示したように20

日以内の倒伏はきわめて稀れにしかなかった。しかし実際には、穂が地面に接するほどに倒伏すると、茎葉が互いに重なりあって遮光され、登熟の進み方は極端に悪くなる。それで、出穂期から1区の $\frac{1}{2}$ の穂数が地面に接するような状態になった日までの日数を測定して、これを X_8 としたのである。この X_8 (倒伏日数) は、第6~8表に示したように、1961年V区で遺伝力(0.239)が低かった以外はいずれも遺伝力が高く(0.687~0.784)、収量との遺伝相関も高く(0.556~0.880)、十分に有効であったと考えられる。

2. 各形質間の遺伝子型相関

第1表でみたように、各年ごとに部分的な品種の入れ換えがあるので年次間の比較は厳密さを欠くが、全体的にみて、特定の遺伝子型のものがある年に特に多いというような傾向はないと思われるので年次間の比較も行なってきた。

各年とも傾向の比較的一致していた遺伝子型相関を第6~8表から抽出すると次のようであった。すなわち、

増肥に伴って大から小(負ならば小から大)へ変わった相関……Y と X_1 、Y と X_9 および X_1 と X_3 ;

増肥に伴って小から大(負ならば大から小)へ変わった相関……Y と X_8 ;

施肥量に関係なく比較的大きかった負相関…… X_1 と X_2 。

上記以外の多くの相関は年次によって傾向が違っていた。

水稲品種を用いて各種形質間の遺伝子型相関を求めた例は相当数ある⁸⁾¹⁷⁾²⁰⁾が、施肥量を大きく変化させた例はほとんど見当たらない。それで、本試験の結果を直接比較検討することはできない。赤藤²⁰⁾らは播種期を変えた場合の結果から、遺伝子型と環境の相互作用によって遺伝子型相関がかなりの変動を示すことを指摘している。これは本試験の場合にも当然考慮されるべきである。それで、試験を行なった3カ年の気象条件と水稲の生育における特徴を次にのべておくことにする。

3. 各年における生育の特徴

各年の旬別平均気温および日照時数は第2~3

第 11 表 3カ年共通の施肥量区および15品種の各形質の測定値

品種名	施肥量年次	III			V				III			V		
		1959	1960	1961	1959	1960	1961		1959	1960	1961	1959	1960	1961
1 水稻農林33号	Y (1m ² 当り玄米重)	409.0	441.5	450.0	526.5	514.5	525.0	X ₁ (1m ² 当り穂数)	284.0	298.0	322.5	370.5	369.0	391.5
2 水稻農林15号		449.5	426.0	458.0	501.0	441.5	475.5		395.5	406.0	392.0	469.0	469.0	459.0
3 水稻農林7号		426.5	494.5	530.5	466.5	519.0	635.5		411.5	463.0	472.0	526.5	611.5	609.0
4 水稻農林20号		462.5	462.0	513.0	608.5	614.0	654.0		311.0	314.0	307.5	401.0	410.0	385.5
5 水稻農林34号		450.0	457.0	493.0	551.0	556.5	624.5		374.5	362.0	359.0	473.5	456.5	445.0
6 水稻農林クニモ		545.0	523.5	576.0	597.0	523.0	628.0		402.0	374.5	377.0	506.5	485.5	492.5
7 水稻農林クニモ		457.5	493.5	529.5	517.5	405.0	498.5		453.0	435.5	441.0	541.5	550.5	548.5
8 水稻農林クニモ		490.0	502.0	516.0	567.5	541.5	643.0		418.0	395.0	407.0	508.0	531.5	512.0
9 水稻農林クニモ		426.5	472.5	502.5	506.5	594.5	688.5		248.5	242.5	240.0	313.5	313.0	315.0
10 水稻農林クニモ		517.0	490.5	548.5	604.0	527.0	566.0		391.5	389.5	390.5	485.5	465.0	453.5
11 水稻農林クニモ		522.0	486.0	567.5	604.5	515.5	585.0		435.5	426.0	436.5	540.5	563.0	535.0
12 水稻農林クニモ		527.5	518.0	538.5	611.0	567.5	630.5		363.0	372.5	340.0	455.0	469.5	450.0
13 水稻農林クニモ		541.0	523.5	577.5	635.5	583.5	605.0		419.0	392.0	444.0	482.5	495.0	512.5
14 水稻農林クニモ		523.0	479.5	568.0	555.5	595.0	551.5		348.5	330.5	316.5	441.5	439.5	418.0
15 水稻農林クニモ		512.0	473.0	561.5	599.5	589.0	718.0		330.5	317.5	329.5	420.5	437.0	420.0
平均	483.9	482.9	528.7	563.5	539.1	601.9	372.4	367.9	371.7	462.4	471.0	463.1		
1 水稻農林33号	X ₂ (平均1穂粒数)	70.1	72.1	66.9	88.0	77.7	79.1	X ₃ (稔実歩合、逆正弦変換値)	77.0	78.1	79.5	72.7	74.1	72.6
2 水稻農林15号		80.5	67.9	75.2	81.2	77.2	86.2		64.4	64.9	64.9	59.6	69.4	63.1
3 水稻農林7号		80.9	60.1	64.6	86.4	70.5	74.7		61.9	68.2	68.8	50.8	68.1	60.6
4 水稻農林20号		81.7	79.6	81.6	95.8	93.7	91.8		72.1	73.6	76.0	64.5	68.7	73.4
5 水稻農林34号		62.7	52.2	57.8	74.7	64.9	73.8		73.9	79.4	77.2	60.0	75.1	71.9
6 水稻農林クニモ		86.4	77.9	82.7	88.7	75.9	90.6		71.2	74.7	65.6	58.4	70.1	54.4
7 水稻農林クニモ		62.1	64.1	62.7	69.7	68.4	77.4		68.8	71.6	70.7	54.9	65.9	69.4
8 水稻農林クニモ		76.3	66.6	69.3	82.7	76.0	79.5		64.4	71.9	71.3	60.3	65.4	68.5
9 水稻農林クニモ		92.0	86.3	97.0	99.6	87.7	121.8		71.4	78.0	75.1	68.2	74.2	69.1
10 水稻農林クニモ		70.0	73.6	71.1	83.6	76.0	83.7		70.4	78.7	65.7	61.5	68.5	68.3
11 水稻農林クニモ		73.7	64.7	68.5	78.8	76.2	80.5		70.2	77.2	70.4	60.6	69.4	63.8
12 水稻農林クニモ		90.1	73.2	83.5	98.0	85.0	85.5		68.7	71.3	72.7	65.1	69.7	60.7
13 水稻農林クニモ		65.3	62.6	63.9	80.7	74.7	77.0		72.1	76.5	71.3	66.3	73.6	62.7
14 水稻農林クニモ		88.9	83.7	89.3	93.0	99.5	101.6		68.6	71.7	71.4	58.0	65.0	60.8
15 水稻農林クニモ		79.3	74.2	86.6	82.9	91.0	94.9		72.2	77.4	69.4	68.0	72.1	64.0
平均	77.3	70.6	74.7	85.6	79.6	86.5	69.8	74.3	71.3	61.9	69.9	65.5		
							(88.1%)	(92.7%)	(89.7%)	(77.8%)	(88.2%)	(82.8%)		
1 水稻農林33号	X ₅ (玄米千粒重g)	20.0	21.3	21.5	20.1	21.1	21.4	X ₇ (登熟日数)	51.0	53.0	52.0	54.5	—	—
2 水稻農林15号		20.2	21.2	21.9	20.1	21.1	22.1		54.5	70.0	65.0	62.5	—	—
3 水稻農林7号		20.1	21.0	21.5	20.1	20.6	21.5		45.5	56.0	57.0	44.5	—	—
4 水稻農林20号		20.8	21.5	22.4	21.0	21.5	21.9		44.5	50.5	59.0	48.0	—	—
5 水稻農林34号		22.8	23.4	23.9	22.2	23.0	22.8		41.5	50.0	54.0	48.0	—	—
6 水稻農林クニモ		20.6	21.7	22.3	20.6	21.5	22.0		48.0	56.5	64.5	56.5	—	—
7 水稻農林クニモ		20.8	20.5	21.3	20.6	19.9	21.3		45.5	59.0	56.5	46.0	—	—
8 水稻農林クニモ		19.4	20.3	20.7	19.4	20.2	20.4		48.0	53.5	58.5	50.5	—	—
9 水稻農林クニモ		22.1	23.1	22.7	21.9	22.6	22.5		42.5	52.0	53.0	46.0	—	—
10 水稻農林クニモ		21.2	22.2	22.3	21.1	22.0	22.5		43.0	54.5	61.5	46.0	—	—
11 水稻農林クニモ		20.3	21.1	21.3	20.3	20.4	21.2		43.0	56.0	57.5	47.0	—	—
12 水稻農林クニモ		20.4	21.5	21.7	20.0	21.2	21.6		50.5	54.0	61.0	54.5	—	—
13 水稻農林クニモ		23.7	23.6	24.0	23.5	22.3	23.1		45.0	54.5	58.0	48.5	—	—
14 水稻農林クニモ		20.9	20.7	21.3	20.6	20.4	20.8		43.5	59.0	55.5	45.5	—	—
15 水稻農林クニモ		22.5	22.4	22.9	22.3	21.7	22.3		45.0	59.5	58.0	48.5	—	—
平均	21.06	21.69	22.09	20.91	21.30	21.82	46.1	55.9	58.1	49.8	—	—		
1 水稻農林33号	X ₈ (倒伏日数)	—	—	—	42.5	28.5	23.0	X ₉ (出穂期7月31日↓0)	-3.5	1.0	-8.0	-3.0	1.0	-7.0
2 水稻農林15号		—	—	—	37.5	30.0	28.5		-6.5	-2.0	-10.5	-6.0	-1.0	-8.5
3 水稻農林7号		—	—	—	44.5	41.0	44.5		-2.0	3.0	-6.0	0.5	4.0	-4.5
4 水稻農林20号		—	—	—	48.0	42.5	39.5		0	3.0	-6.5	1.5	4.0	-6.0
5 水稻農林34号		—	—	—	42.0	42.0	41.0		1.0	3.5	-5.5	3.0	5.0	-4.5
6 水稻農林クニモ		—	—	—	46.5	31.5	30.0		1.0	5.5	-4.0	2.0	6.0	-3.5
7 水稻農林クニモ		—	—	—	46.0	21.5	22.5		3.5	7.5	-2.5	6.0	8.0	-1.5
8 水稻農林クニモ		—	—	—	50.5	41.5	41.5		0	5.0	-5.0	1.0	4.5	-5.0
9 水稻農林クニモ		—	—	—	46.0	41.0	38.0		2.5	4.5	-4.0	5.0	6.0	-3.5
10 水稻農林クニモ		—	—	—	46.0	31.5	34.0		4.5	6.0	-3.0	6.0	6.5	-3.0
11 水稻農林クニモ		—	—	—	47.0	27.5	22.0		4.5	6.0	-1.5	6.0	7.5	-0.5
12 水稻農林クニモ		—	—	—	54.5	46.0	48.0		0.5	5.0	-5.0	2.0	5.0	-3.5
13 水稻農林クニモ		—	—	—	48.5	33.5	33.5		4.5	7.0	-2.5	7.5	8.5	-1.0
14 水稻農林クニモ		—	—	—	45.5	34.5	31.5		7.5	8.5	0.5	9.0	10.0	2.0
15 水稻農林クニモ		—	—	—	48.5	42.0	39.5		8.5	9.5	1.5	9.5	10.0	2.0
平均	—	—	—	46.2	35.6	34.5	1.7	4.9	-4.1	3.3	5.7	-3.2		

注) 1) いずれも2反復平均値。

2) 1960および1961年のX₇は倒伏のために不明な品種があったので省略。III区のX₈は倒伏がおこらなかったため除外。

第 12 表 各形質別の分散分析のF値と反復力

要因 \ 形質	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₇ [†]	X ₈ [†]	X ₉
Y	36.089**	<1	28.243**	40.373**	313.356**	399.217**	39.982**	1,647.649**
F	163.001**	868.941**	167.350**	110.394**	71.467**	—	—	72.811**
Y×F	1.621	1.672	2.097	3.175*	4.889**	—	—	3.611*
V	11.771**	105.928**	41.230**	9.891**	236.533**	22.249**	6.275**	176.166**
Y×V	2.018*	1.871*	2.985**	1.885*	11.956**	5.634**	1.083	4.034**
F×V	4.361**	2.222*	<1	<1	3.800**	—	—	<1
Y×F×V	1.179	<1	1.121	1.001	1.422	—	—	<1
E	(1,340.327)	(465.959)	(25.318)	(14.800)	(0.045)	(3.067)	(31.536)	(0.763)
Γ ₂	0.230	0.858	0.676	0.353	0.813	0.455	0.454	0.891

- 注) 1) †X₇ および X₈ は 1959~1961 の 3 カ年の共通 15 品種について、おのこの施肥量Ⅲおよび V 区のみ分散分析である。それで空欄 (—) の項はない。Y, X₁, X₂, X₃, X₅ および X₉ は同じく 3 カ年のⅢと V 区をこみにした分散分析である。
- 2) 要因 Y は年次, F は施肥量, Y×F は年次と施肥量の交互作用, V は品種, E は誤差項を示し, X₇ と X₈ 以外の形質での自由度は Y (2), F (1), Y×F (2), V (14), Y×V (28), F×V (14), Y×F×V (28), E (84) である。X₇ と X₈ での自由度は Y (2), V (14), Y×V (28), E (42) である。
- 3) Y, X₁, X₂……X₉ の詳細は前表参照。
- 4) **印は 1% 水準で有意, *印は 5% 水準で有意。
- 5) 要因 E の欄は分散値を () 内に示した。
- 6) Γ₂ は反復力を示し, 次のように計算した。

形質 Y, X₁, X₂, X₃, X₅, および X₉ では

$$\frac{\sigma^2_V}{\sigma^2_E + \sigma^2_{YFV} + \sigma^2_{FV} + \sigma^2_{YV} + \sigma^2_V}, \quad X_7 \text{ および } X_8 \text{ では } \frac{\sigma^2_V}{\sigma^2_E + \sigma^2_{YV} + \sigma^2_V}$$

第 13 表 各年共通 15 品種の施肥量別, 年次別, 形質平均値

施肥量, 年次 形質	I		II	III			IV	V			VII	
	1960	1961	1959	1959	1960	1961	1959	1959	1960	1961	1960	1961
玄米重 g (Y)	277	278	374	484	483	529	526	563	539	602	513	587
穂数 (X ₁)	237	230	294	372	368	372	432	462	471	463	503	490
1 穂粒数 (X ₂)	58.5	58.1	68.4	77.3	70.6	74.7	81.3	85.6	79.6	86.5	81.0	87.6
稔実歩合% (X ₃)	95.8	96.4	92.2	88.1	92.7	89.7	79.5	77.8	88.2	82.8	86.6	83.0
千粒重 g (X ₅)	22.1	22.3	21.4	21.1	21.7	22.1	21.0	20.9	21.3	21.8	21.2	21.7
登熟日数 (X ₇)	48.5	47.7	43.5	46.1	55.9	58.1	47.2	49.8	—	—	—	—
倒伏日数 (X ₈)	—	—	—	—	—	—	45.6	46.2	35.6	34.5	32.8	30.7
出穂期 (X ₉)	3.2	-6.1	-0.1	1.7	4.9	-4.1	3.1	3.3	5.7	-3.2	6.4	-2.6
貯米重 g	1.8	2.2	2.7	9.4	17.8	15.6	14.3	17.7	38.3	47.4	51.5	53.8
葉重 g	226	267	356	425	380	400	506	545	497	506	515	521
6 月 20 日 茎数	2.2	4.9	6.3	6.7	4.0	6.6	7.2	7.4	4.4	7.5	4.5	7.7
有効茎歩合%	87.8	89.1	77.8	82.8	77.2	86.0	83.4	84.1	84.7	90.6	86.3	92.9
主稈長 cm	60.6	63.1	63.6	68.8	71.4	76.3	73.3	77.5	79.9	86.4	81.6	89.3

図のとおりであった。すなわち、1960年は移植から活着、分けつ始めに当たる5月下旬～6月上旬の天候が特に悪く、7月上旬も日照は多かったが気温はかなり低かった。その他はほぼ平常並みであったが、出穂開花期に当たる8月上旬は特に高温であった。これを水稲の生育からみると、次のような事柄が指摘される(第13表参照)。

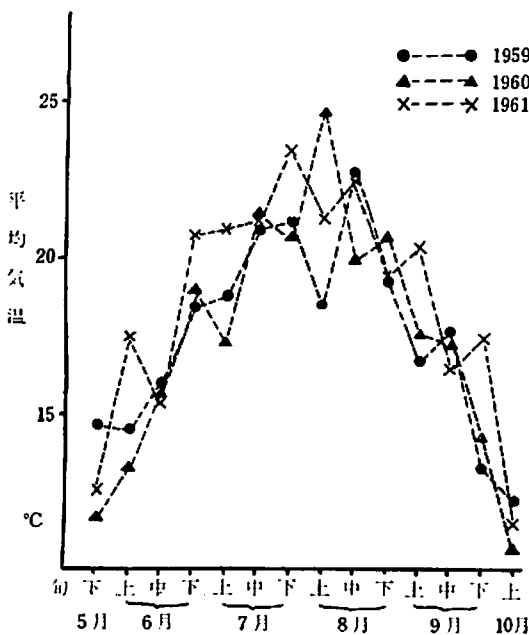
まず、初期生育の良否を6月20日の茎数でみると、Ⅱ区では1959年(6.7本)と1961年(6.6本)はほとんど同じであったが、1960年(4.0本)は特に少なかった。出穂期も、1960年はほかの年より3～9日遅れた。しかし、稔実歩合は高く、多肥になるほどその傾向が強かった。稈長、粒重などはほかの2カ年の中間であったが、穂数はⅤ以上の区で多く、1穂粒数はⅡ以上の区で相当(6～7粒)少なかった。有効茎歩合はⅡ区だけが特に低かった。登熟日数は1961年と大差ないが、その収量割合からみると、かなり長かったことになる。倒伏日数も1961年と大差ないが、この年が開花後の粒の肥大の特に遅かった点から考えると、実質的には最も早く倒伏したことになる。このように、1960年

は、ほかの年に比較して、初期生育が悪く、出穂が遅れ、1穂粒数が少なかったが稔実歩合が高く、登熟が遅く倒伏も早かったのが大きな特徴である。

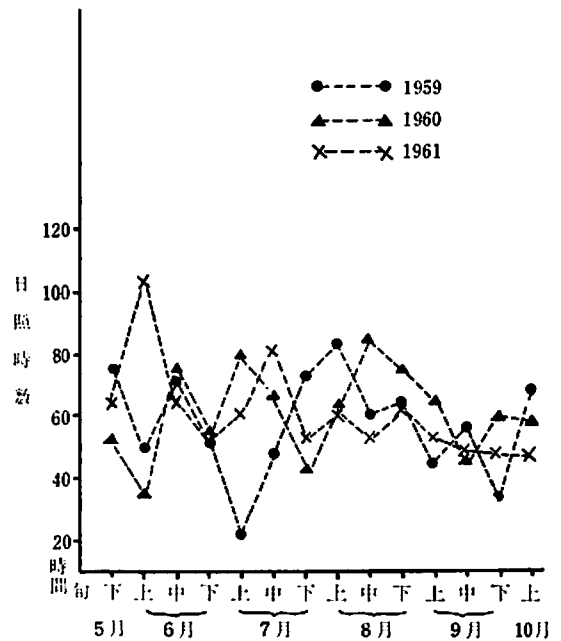
次に、本試験での生育を本道の一般栽培と比較すると、最も初期生育の良い方である。そして先に記した土壌の性質もあって、施肥量が少ないと(例えばⅢ区以下)止葉期前後から茎葉の退色や枯れ上がりが目立ち、肥料切れによる秋落傾向が感じられる所である。

今度は、施肥量と供試品種の平均収量の関係を年次別にみたのが第4図である。Ⅱ区以下の絶対収量は各年とも大差がないようであるが、Ⅱ区以上では1961年が最も多く、1960年が最も少なく、その差は多肥になるほど大きかった。また、各年ごとに各施肥量区の収量点を結ぶ曲線の形状から、1959と1961年はⅤ区よりもう少し多肥の所で最高収量に達したであろうとみられるが、1960年はⅤ区で既に最高収量に達していたようにみられる。なお、3カ年共通の施肥量区(ⅢおよびⅤ)と品種(15)を抽出して行なった各形質の分散分析の

第2図 平均気温



第3図 日照時数



結果と多反復力を第12表に示した。

4. 収量成分の causal system

穂数、1穂粒数、稈実歩合、粒重などは収量に対して積の形で寄与しているものであり、和の形にするには対数変換すべきである。しかし本文では、登熟日数、倒伏日数、出穂期なども収量成分として入れたので、便宜的にこれら全成分形質が変換せずに和の形で働くと仮定した。

経路係数は、その causal system に根本的な誤りがあれば、全く意味がなくなる。しかし、本文で扱った全成分形質についての完全な因果体系を描くことは明らかに筆者の能力を超えている。それで、因果体系を指定できない成分形質間には遺伝子型相関が存在すると仮定して、第1図のような causal system を想定した。WRIGHT³²⁾³³⁾は、おのおのの ultimate factor は、完全に相関がないと仮定しうる場合以外は、より遠い表現されなかった factors を通しての可能な相関を指し示すために、ほかの ultimate factors のおのおのと結びつけられねばならないとのべている。KEMPTHORNE¹⁰⁾によれば、これは最も容易で無難な方法である。ここで X_R は、そこに完全決定が

あるようなものに変換するためにほかのすべての成分形質と相関せず、平均値0と単位分散を持つ a dummy variable として導入した。そして、これは本文で考慮しなかったすべての要因と測定誤差などからなる成分と解釈される。したがって、 X_R の大きさによって、想定した causal system の有効性の一面を判断できるであろう。本文の場合、第9表のように、 X_R の大きさは比較的小さいので、想定した causal system はほぼ満足すべきものであったと考えられる。

なお、各年とも施肥量Ⅲ区以下では完全倒伏がおこらなかったのに X_8 は含めなかった。また、1959年を除くⅤ以上の区では、倒伏のために X_7 の測定ができないものが多かった。この場合は X_8 と違って、それが発現されなかったのではないから各形質のⅤおよびⅦ区の平均値とⅢ区の X_7 の平均値から算出した単相関を遺伝子型相関として代用した。 X_7 の各年内の施肥量にわたる反復力は比較的高かった(0.610~0.769)ので大きな誤りはないであろう(第6~8表)。

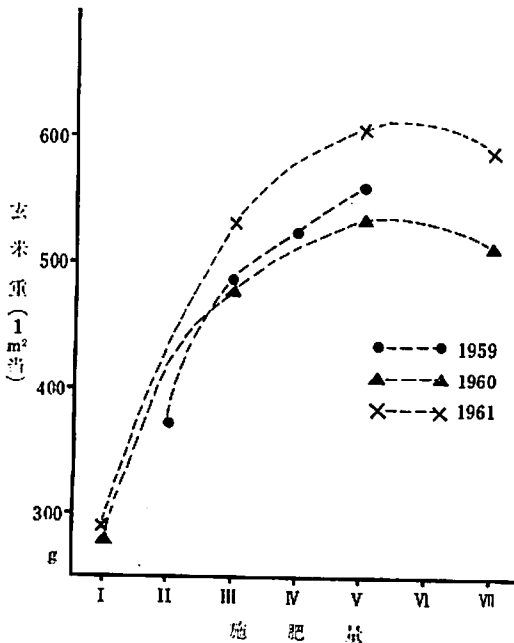
5. 経路係数の年次および施肥量変化

WRIGHT³²⁾³³⁾は、2つの変量をつなぐすべての経路の合成物が相関係数である、としてそれを直接と間接の効果とに分析した。この直接的な効果を示すのが経路係数(P_{iY})である。

第9表の P_{iY} は施肥量区間でも年次間でもきわめて複雑に変化し、一見したところでは全く傾向がつかめそうにない。それで、先に記した各年の生育特徴を考慮し、Ⅲ区以下の少肥の場合とⅤ区以上の明らかな多肥の場合とに区別して考察する。

(1) 施肥量Ⅲ区以下の場合 まず1959年Ⅲ区の P_{1Y} , P_{2Y} および P_{3Y} は負であった。第13表から、この年の生育をみると、ほかの年に比較して1穂粒数が特に多く、稈長が低い。また、茎葉の退色や枯れ上がりから、幼穂の形成と伸長期ころまでの順調な生育に比較して、その後は肥料切れによって登熟力が劣っていたと観察された。1961年Ⅲ区も1959年Ⅲ区と同様な傾向があったが、粒が大きくて粒重が重く、稈長がきわめて長くなった点は異なっている。他方、1960年のⅢ区は、生育前

第4図 各年共通15品種の玄米重平均値



半の不良な気象条件の影響のためか1穂粒数は少ないのに登熟日数は比較的長く、生育後半の茎葉の退色や枯れ上がりは特に少ない年であった。各年ともⅡ以下の施肥量区では、畦間に陽光が入らないほどの茎葉の繁茂はみられなかったので、 P_{IV} や P_{2V} に符号が異なるほどの影響を与えた要因はこの肥料切れによる秋落傾向にあると推察される。

Ⅱ区以下の極端な少肥の場合も同じ原因によって P_{IV} や P_{2V} の符号が変化したと考えられる。一般にⅡ区以下では生育の極く初期から茎葉は淡色であるが、7月に入ってから一時葉色が濃くなった。これは施された金肥、堆肥や土壌養分の分解が地水温の上昇と関係しているためであろう。

(もちろん、Ⅲ以上の施肥量区でも、このような現象はおこっているはずであるが、その影響はⅡ以下の少肥区よりはるかに少ないであろう。) 例えば1960年は生育初期は低温が続き、その生育からみても比較的遅く、そして比較的長く茎葉色が濃くなる時期があった。そして、それが穂数や1穂粒数の増大に有効な季節であったと推察された。第13表をみれば、Ⅲ区以上では穂数や1穂粒数がほかの年よりかなり少ないのに、1区のみは1961年よりやや多目になっている。

以上のような事実を総括して、次のように考察した。すなわち、過繁茂による空間的な制限がない場合には、肥料切れによる秋落傾向があれば(つまり、収量の量的成分の大きさに比して登熟力が劣れば) P_{IV} や P_{2V} は負に働き、秋落傾向がなければそれらは正に働き、と考えられる。なお、前者の場合には同時に、 P_{7V} と P_{8V} が比較的大きな正の値となったことが注目される。つまり、出穂期が遅く、登熟日数の長いことが収量増加に寄与している。出穂期が遅いことの具体的な良さは明らかでないが、登熟日数の長いことは、見方を変えれば、肥料切れによる枯れ上がりが少ないことを意味するであろう。

(2) 施肥量Ⅴ区以上の場合 この場合には、Ⅱ区以下でのように肥料切れによる秋落ち的な傾向、すなわち止葉期前後以降からの茎葉の枯れ上がりや極端な退色は各年とも全く認められなかった。

したがって、 P_{IV} P_{2V} などに大きな変化を与えた要因は空間的なものであったと考えられる。村田¹⁵⁾、武田²⁵⁾、角田²⁸⁾らによれば、耐肥性品種は多肥条件下で葉面積が増大した場合にその受光態勢が悪化しないものであり、また、受光能率の高い品種は稈長高く、茎数や葉面積が比較的少ない、としている。

第9表によれば、Ⅶ区では2カ年とも明らかに P_{IV} 、 P_{2V} および P_{3V} が負の大きな値となり、 P_{8V} が正の大きな値となった。つまり、穂数、1穂粒数、稈歩合が少なく倒伏に強いものが多収となった。Ⅴ区程度の施肥量でも、1960年のように、初期生育が極端に悪く、出穂が遅れたので穂数が増え、稈歩合高く登熟日数が長く、登熟力が弱いと観察された年にはⅦ区と同じ傾向になっている。他方、1959年のように初期生育が良く、穂数、1穂粒数は比較的多かったが出穂開花期の異常低温のために稈歩合が極端に下がり、稈歩合の総容積が小さくなった年には P_{IV} 、 P_{2V} 、 P_{3V} などが正の値になった。この場合には登熟力の方に余裕があったと考えられる(第13表参照)。

上記の(1)および(2)から、施肥量の多少によって登熟力(稈歩合への澱粉蓄積能力)を支配した要因は違ったが、登熟力が稈歩合の総容積(可能な最大玄米重を意味する)に比較してより大きければ量的成分(特に穂数と1穂粒数)は正に働き、逆の場合には負に働くと考えれば統一的に解釈できる。すなわち、肥料切れによる秋落ち傾向のある場合およびある程度以上の多肥で過繁茂となった場合には、穂数、1穂粒数などがともに小さい方が多収となる。ただ、この2つの場合の傾向的な違いは、前者では1穂粒数の効果の方がやや大きい点である。さらに、前者では出穂の遅いことと登熟日数の長いことが、後者では耐倒伏性がかかなり大きい正の効果を持った。なお、実際にはこれらの中間状態、すなわち、いずれの成分形質も同程度に小さな働きしか持たない釣合い状態もありうるであろう。

6. 経路係数の利用

本試験でえられた結果を育種上に利用するに当

たつて次のようなことが考えられる。例えば、多肥多収品種として穂数と1穂粒数とともに現在の品種の平均にくらべて少ないものが望ましいと考えられたが、この両形質の遺伝相関は常に大きい負の値であった(第6~8表)。したがって、穂数、1穂粒数ともに少ない遺伝子型の育成はかなり困難であることが予想される。この場合には妥協点を見出す必要があるが、さきの考察から、多肥多収品種が目的ならば1穂粒数よりも穂数を重視する方がやや有利であろう。しかしここで得られた結果は、現在からみると比較的少肥条件で選抜されてきた品種群についてのものであるから、無選抜の雑種集団から選抜する場合にはここでの予想よりは容易であるかも知れない。

穂数や1穂粒数以外の比較的重要な成分形質として、耐倒伏性、出穂性および登熟性などが知られた。これらの形質は年次や施肥量によっては他形質とかなり高い不利な相関を示したが、穂数と1穂粒数とのような普遍性や強さはなかったので望ましい遺伝子型の選抜育成は比較的容易であろう。特に、耐倒伏性は収量以外とは遺伝子型相関が低いので、単独に選抜しても良いであろう。

経路係数はもちろん、遺伝子型相関や遺伝力を求める場合に、供試された集団の性質を明確に認識することが根本的な重要性を持っている。本試験で供試された品種群は、本道中北部の主要品種の大部分を含むものであるから、ここで得られた結果を現在の本道中北部に適用することに大きな誤りはないであろう。むしろここで問題となるのは場所と年次についてである。赤藤ら²⁰⁾も指摘しているように、遺伝子型と環境の相互作用は相当に大きな問題である。実際に本道には、上川支場とは著しく生育の様相を異にする泥炭地や気象条件の違う場所がある。さきにものべたように、上川支場は全道的にはもちろん、上川管内でも特に初期生育の良い所である。これらの理由によって、場所によってはここで得られた収量成分の間の比重が大きく変わる可能性は当然考慮されるべきである。ただ、柴田²¹⁾の例からみると、少なくとも上川管内に関してはある程度の普遍性を持つであろう。また、年次については、供試3カ年の

中には極端な低温年は含まれていない。例えば1956年のような大冷害年には、恐らく、収量成分中の稔実歩合や出穂性が大きな比重を持つようになるであろう。

以上、causal system についても、結果の解釈においても、多くの仮定や推察を行なって考察してきた。それらの中には重大な誤りがあるかも知れない。大方の御意見と御教示を期待するものである。

V 摘 要

1. 施肥量(主として窒素)を変えた場合にどんな品種(遺伝子型)が多収となるかを知るために、収量をその成分形質に分解して相対的重要度を求めた。

2. 水稻品種の収量成分が、量的成分としての穂数、1穂粒数、稔実歩合、粒重と質的成分としての登熟性、耐倒伏性、出穂性の計7形質からなり、それらが同時的かつ相加的に働くものと仮定した。そして第1図のようなcausal systemの下に経路係数を求めた。試験は1959年から1961年までの3カ年にわたり、施肥量は7段階、品種数は各年において20~30で行なった。施肥量については反復せず、各施肥量区内では品種について乱塊法2反復とした。

3. その結果、想定したcausal systemによって収量の大部分が説明され、経路係数の相対的な大きさから次のように考えられた。

(1) 比較的少肥で空間的な制限がなく、肥料切れによる秋落ち傾向や倒伏もない場合……穂数、1穂粒数ともに多いもの。

(2) 肥料切れによる秋落ち傾向がある点のみが前者と異なる場合……穂数、1穂粒数ともに少なく、登熟日数長く、出穂の遅いもの。

(3) ある程度以上の多肥で秋落ち傾向がなく、過繁茂による空間的な制限のある場合……穂数、1穂粒数ともに少なく、耐倒伏性の強いもの。

以上のような品種がそれぞれの場合に多収となると考えられた。なお、実際にはこれらの中の二者の中間状態もありうるであろう。稔実歩合、粒重などは多くの場合に相対的に小さな値しか持た

なかった。

(4) 得られた結果の育種上への応用についても若干の考察を行なった。

文 献

- 1) DEWAY, DOUGLAS, R. and K. H. Lu. 1959; A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51:515-518.
- 2) FREY, K. J., and A. J. NORDON, 1959; Lodging resistance in oats. II. Inheritance and heritability. *Agron. J.* 51: 535-537.
- 3) GRAFIUS, J. E., and G. A. WIEBE, 1959; Expected genetic gain in yield in small grain. A geometrical interpretation. *Agron. J.* 51: 563-562.
- 4) GRAFIUS, J. E. 1959; Heterosis in barley. *Agron. J.* 51: 551-554.
- 5) GRAFIUS, J. E., and H. M. BROWN, 1954; Lodging resistance in oats. *Agron. J.* 46: 414-418.
- 6) 北海道立農試上川交場, 1958; 品種と栽培条件に関する試験成績.
- 7) 井山審也, 1956; 遺伝力の意義と算出法, 戸畑, 松尾等編作物試験法: 36-47, 農業技術協会, 東京.
- 8) ———, 1958; 水稲の遺伝相関と環境相関, 酒井, 高橋, 明峰編植物の集団育種法研究: 146-152, 養賢堂, 東京.
- 9) 飯谷 桂, 酒沢 勝, 1960; 水稲品種の多肥栽培適応性, 農及園, 35: 539-540.
- 10) KEMPTHORNE, O. 1957; *An Introduction to Genetic Statistics.* John Wiley and Sons, Inc. New York.
- 11) 松尾孝嶺, 1953; 品種はこうして選ぼう, これからの稲作: 朝倉, 東京.
- 12) 松島省三, 田中孝幸, 岡部 俊, 1960; 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究, LVI. 登熟程度の数学的表現方法の研究, 日作紀, 28: 374-376.
- 13) 村田吉男, 1961; 水稲の光合成とその栽培学的意義に関する研究, 農技研報告D第9号: 1-169.
- 14) 農林省農業技術研究所生理遺伝部, 1960; 水稲育種における品種生態の基礎研究—中間報告一.
- 15) ROBINSON, H. F., R. E. COMSTOCK, and P. H. HARVEY. 1949; Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* 41: 353-359.
- 16) 佐本四郎, 大内邦夫, 1961; イネの耐肥性品種の育種に関する研究—稔実性の条件解析一, 北農, 28(8): 1-2.
- 17) ———, ———, 1960; 耐肥性品種の育種に関する研究—品種と栽培条件一, 北農, 27(1): 1-3.
- 18) SEARLE, S. R. 1961; Phenotypic, genetic and environmental correlations. *Biometrics* 17: 474-480.
- 19) 瀬古秀生, 佐本啓智, 鈴木嘉一郎, 1957; 水稲の倒伏に及ぼす二, 三栽培条件の影響, (I). 日作紀 26:90-92.
- 20) 赤藤克己, 根井正利, 福岡寿夫, 1958; 遺伝的パラメーターと環境, 酒井等編植物の集団育種法研究: 77-88. 養賢堂, 東京.
- 21) 柴田和博, 1961; 上川管内の地帯区分に関する一考察—水稲の品種収量から見た場合—, 北海道立農試集報第7号:1-8.
- 22) 柴田和博, 野村 稔, 1961; 水稲品種の収量成分, 第1報施肥量による遺伝力及び遺伝相関の変異と回復力, 北農, 28(12):1-3.
- 23) 高橋治助, 1960; 水稲の倒伏に関する考察, 農及園 35:19-23.
- 24) 高橋保夫, 岩田岩保, 馬場 赴, 1959; 水稲品種の耐肥性に関する研究, 第1報品種の耐肥性と窒素及び炭水化物代謝との関係, 日作紀, 28:22-24.
- 25) 武田友四郎, 玖村敦彦, 1959; 水稲における収量成立過程の解析, 第5報水稲品種の耐肥性並びに非耐肥性の解析, 日作紀, 28:179-181.
- 26) 滝口義資, 1934; 水稲の倒伏が収穫に及ぼす影響, 農及園, 9:2393-2395.
- 27) TSUNODA, S. 1959; A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. I. Leaf area per plant and leaf area ratio. *Jap. J. Breeding* 9: 161-168.
- 28) ———, 1959; II. The assimilation-system of plants as affected by the form, direction and arrangement of single leaves. *Jap. J. Breeding* 9: 237-244.
- 29) ———, 1960; III. The depth of green color and the nitrogen content of leaves. *Jap. J. Breeding* 10: 107-111.
- 30) 角田重三郎, 1960; 育種学の諸問題〔4〕—多収性育種についての生理生態学的研究(1)—, 農及園, 35: 731-734.
- 31) ———, 1960; 育種学の諸問題〔5〕—多収性育種についての生理生態学的研究(2)—, 農及園, 35:893-896.
- 32) WRIGHT, S. 1921; Correlation and causation. *J. Agr. Res.* 20: 557-585.
- 33) ———, 1960; Path coefficients and path regressions: alternative or complementary concepts? *Biometrics* 16:189-202.
- 34) ———, 1960; The treatment of reciprocal interaction, with or without lag, in path analysis. *Biometrics* 16: 423-445.

Summary

The relative importance of yield components in lowland rice varieties were studied by the method of "path coefficients." The rice plants were grown in experiments at the Kamikawa Branch, Hokkaido prefectural Agricultural Experiment Station. The varietal names, doses of

fertilizers and years are shown in Tables 1 and 2. Field plots were arranged in a random design with two replications in each block of doses of fertilizers for every year. Planting density was 33.3 cm between rows and 15.0 cm between hills with two plants.

The following data on the plots were recorded; Number of panicles per m² (X₁), Number of Grains per panicle (X₂), Fertile grain percentage (X₃), Weight of 1,000 hulled grains (X₅), Number of days from heading to maturing period (X₇), Number of days from heading to lodging period (X₈), Head sprouting period (X₉), and Hulled rice yield per m² (Y). The causal system was assumed as Figure 1, where X_R denotes a dummy variable with zero mean and unit variance which is uncorrelated with the variables already specified in the situation. The X_R has transformed the situation into one in which there was complete determination.

Phenotypic and genotypic correlation coefficients were calculated from variance and covariance analyses for all possible combinations of components. The phenotypic and genotypic correlations agreed closely in most comparisons (see Tables 3~8). The genotypic correlation coefficients and path coefficients varied considerably under different doses of fertilizers and years (see Tables

6~9). From the relative magnitudes of path coefficients and the observations of plant growth, the following conclusions were obtained for Cases 1, 2, and 3.

	Doses of fertilizers	Features of plant growth	Important characteristics for high yielding variety
Case 1	Comparatively Less	Immaturity owing to lack of fertilizer in the generative growth phase	Less X ₁ and X ₂ , More X ₇ and X ₉ .
Case 2	Comparatively Less	No immaturity	More X ₁ and X ₂ .
Case 3	Comparatively More	Immaturity owing to over-luxuriance in the generative growth phase	Less X ₁ and X ₂ , More X ₈ .

Namely, irrespectively of the lack of fertilizers (mainly nitrogen) and the over-luxuriance, X₁ and X₂ had negative effects upon yield when the ripening ability was thought to be weak in comparison to the plant size. Because of the negative correlation between X₁ and X₂, selection must be based on compromise between the two traits if maximum yields are to be obtained for every case.