

## イネの2倍体，4倍体間の交雑に関する研究，とくに 交配結果について

古賀，義昭  
九州大学農学部育種学教室

永松，土巳  
九州大学農学部育種学教室

<https://doi.org/10.15017/23002>

---

出版情報：九州大学農学部學藝雑誌. 23 (2), pp.43-48, 1967-07. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

# イネの2倍体，4倍体間の交雑に関する研究， とくに交配結果について

古賀 義昭・永松 土巳

Studies on the crossing experiments between diploid and auto-tetraploid rice plants, *Oryza sativa* L., with special reference to the results of crossing

Yoshiaki Koga and Tsutsumi Nagamatsu

## 緒 言

筆者らはイネにおいて3倍体の後代より3染色体植物を作出する目的をもつて研究を進めて来ている。3倍体は自然に圃場で偶発的に生じることが知られているが、その頻度は極めて低い。また、3染色体植物を用いて連関群の同定を行なうには遺伝的組成の明らかな材料が望ましい。このような観点から、4倍体と2倍体との交配により3倍体を育成する方法により研究を進めてきた。

イネの4倍体と2倍体との間の交配に関する研究は、すでに大倉(1940)、岸川(1952)および盛永ら(1959)により報告されている。大倉および岸川は4倍体を母本として交配を行なつたが、3倍体は生じなかつた結果をえている。盛永らは2倍体を母本として交配を行ない、除雄および交配の方法の改善により交

雑成功率の向上を計り、交配花数に対し約1%の3倍体を生じたことを報告している。このようにイネでは4倍体と2倍体とは高度の交雑不和合であることが知られている。

筆者らは前報<sup>9)</sup>において、4倍体と2倍体との間の交配では、受精は行なわれているが胚は途中で発達を停止し、また胚乳がほとんど形成されないため、きわめて軽量で発芽力の弱い貧弱な種子を形成することを明らかにした。

この報告では、1960年より'63年までの4カ年間の交配結果についてのべる。

## 材料および方法

材料は九州大学農学部育種学研究室において継続保存中の日本籾および外国籾で、2倍体数品種およびこれより偶発またはコルヒチン処理により誘発された4

Table 1. Materials.

	Diploid variety		Tetraploid variety	
	Variety No.	Variety name	Variety No.	Variety name
Japanese varieties	HO 10	Aikoku	TE 31	Bikkurimochi
	HO 12	Mubō-aikoku	TE 32	Omachisenshutsu
	HO 13	Haya-shinriki	TE 33	Henpeitō x Kōtō
	HO 16	Sekitori	TE 37	Isshakuine
	HO 23	Kameji	TE 38	Shimaine
	HO 28	Bantō-shinriki	TE 41	Aikoku
	HO 29	Shinriki No. 2	TE 42	Tomoemasari
	HO 30	Shinriki		
	HO 34	Oku-shirasasa		
	HO 356	Tomoemasari		
	HO 530	Omachisenshutsu		
	HO 584	Isshakuine		
	HO 597	Shimaine		
	HO 956	(unknown)		
	Foreign varieties	HO1393	Songa T. T. B.	TE 65
HO1394		Ba Thut Nuho T. T. B.	TE 66	Ba Thut Nuho T. T. B.
K — 12		Birumamochi	TE 62	<i>Oryza sativa</i> f. <i>spontanea</i>
IL 10		<i>Oryza sativa</i> f. <i>spontanea</i>		

倍体数系統を用いた。材料は一括して第1表に示した。

交配方法は、交配母本を圃場より1/5000 aポットに株上げし、交配室内において43°Cの恒温槽内で7分間の温湯除雄を行ない、人工授粉により2倍体と4倍体との間に相反交配を行なった。

### 結果および考察

#### 1. 交配種子について

イネの4倍体と2倍体間の交配によつてえられる交配種子の性状については、すでに前報<sup>9)</sup>でのべたが、よく充実した完全種子と発達が著しく貧弱な不完全種子とが着生した。不完全種子は、果皮は発達しているが、胚部がややふくらんでいるだけで胚乳がほとんど含まれておらず、重さは正常種子の1/10以下で発芽力は著しく低く、穎を除けば種子の存在が確かめら

れる程度のものであつた。

このような種子は多くの植物で倍体間交配や種間交配等で知られており、ill-developed seed, abortive seed, shrunken seed, shrivelled seed, parthenocarpic seed, 偽稔粒等の用語で記載されているが、種子の発達程度に関しては明らかでない場合が多く、不稔種子として扱われている場合もある。

イネの4倍体と2倍体間の交配でもこのような種子が着生することはすでに岸川(1952)および盛永ら(1959)によつて報告されている。岸川によると、4倍体を母本とした交配で、交配花数に対し2.7%の発達不良の種子が着生することが報告され偽稔粒として記載されている。また盛永らの報告では、2倍体を母本とした交配で約0.09%の発達不良の種子が報告されill-developed seedとして記載されている。筆者らが観察した不完全種子は偽稔粒あるいはill-developed

Table 2. Results of crossing between 4X and 2X of Japanese varieties.

Cross combination		No. of flowers pollinated	Imperfect No.	seed (%)	Perfect No.	Seed (%)
4X×2X	TE 38×HO 30 (1960)	111	77	69.4	0	0.0
	TE 37×HO 12 (1960)	9	8	88.9	0	0.0
	TE 33×HO 13 (1960)	158	33	20.9	4	2.5
	TE 37×HO 584 (1961)	140	57	40.7	0	0.0
	TE 32×HO 530 (1961)	127	67	52.8	0	0.0
	TE 38×HO 597 (1961)	290	159	54.1	0	0.0
	TE 31×HO 956 (1962)	153	40	26.1	1	0.7
	TE 37×HO 10 (1962)	63	8	12.7	0	0.0
	TE 37×HO 23 (1962)	50	16	32.0	0	0.0
	TE 37×HO 584 (1962)	337	158	46.9	7	2.1
	TE 38×HO 29 (1962)	102	64	62.7	0	0.0
	TE 38×HO 34 (1962)	460	185	40.2	5	1.1
	TE 41×HO 10 (1962)	65	14	21.5	4	6.2
	TE 41×HO 28 (1962)	395	193	48.9	3	0.8
	TE 41×HO 29 (1962)	325	190	58.5	6	1.9
	TE 41×HO 34 (1962)	276	141	51.1	1	0.4
	TE 41×HO 10 (1963)	194	99	51.0	2	1.0
	TE 32×HO 530 (1963)	310	70	22.9	12	3.9
	TE 42×HO 356 (1963)	113	58	51.3	0	0.0
	4X×2X Total		3678	1637	44.5	45
2X×4X	HO 13×TE 33 (1960)	363	13	3.6	4	1.1
	HO 30×TE 38 (1960)	152	39	25.7	0	0.0
	HO 10×TE 41 (1960)	246	23	9.3	0	0.0
	HO 584×TE 37 (1961)	205	20	9.8	1	0.5
	HO 530×TE 32 (1961)	207	58	28.0	3	1.5
	HO 597×TE 38 (1961)	198	91	46.0	1	0.5
	HO 10×TE 37 (1962)	4	0	0.0	0	0.0
	HO 10×TE 41 (1962)	126	36	28.6	0	0.0
	HO 16×TE 31 (1962)	439	134	30.5	2	0.5
	HO 16×TE 37 (1962)	141	28	19.9	0	0.0
	HO 28×TE 41 (1962)	435	118	27.1	14	3.2
	HO 34×TE 38 (1962)	161	78	48.5	2	1.2
	HO 584×TE 41 (1962)	18	1	0.6	0	0.0
	HO 584×TE 31 (1962)	15	7	46.7	0	0.0
	HO 584×TE 37 (1962)	696	111	16.0	18	2.6
	HO 356×TE 42 (1963)	123	21	17.1	1	0.8
	2X×4X Total		3529	778	22.2	46

Table 3. Results of crossing between 4X and 2X of Japanese and foreign varieties.

Cross combination			No. of flowers pollinated	Imperfect No.	Seed (%)	Perfect No.	Seed (%)
4X×2X	F×F	TE 62×IL 10(1960)	122	14	11.6	5	4.1
		" (1961)	139	18	13.0	3	2.2
		" (1962)	199	47	23.6	2	1.0
		" (1963)	329	57	17.3	0	0.0
		TE 66×HO1394(1963)	241	0	0.0	1	0.4
		TE 65×HO1393(1963)	351	41	11.7	4	1.1
	TE 65×HO1394(1963)	553	52	9.4	3	0.5	
	TE 66×K - 12(1963)	75	33	44.0	0	0.0	
	Total	2009	262	13.0	18	0.9	
	J×F	TE 41×HO1394(1963)	72	24	33.3	0	0.0
		TE 41×IL 10(1963)	142	61	43.0	1	0.7
		TE 41×K - 12(1963)	75	33	44.0	0	0.0
TE 32×HO1394(1963)		266	27	10.2	20	7.5	
TE 32×IL 10(1963)		74	8	10.8	1	1.4	
TE 32×K - 12(1963)		261	102	39.1	0	0.0	
TE 37×HO1393(1963)		546	80	14.7	0	0.0	
TE 37×HO1394(1963)		370	62	16.8	0	0.0	
Total	1806	397	22.0	22	1.2		
F×J	TE 66×HO 10(1963)	284	9	3.1	2	0.7	
	TE 66×HO 530(1963)	432	15	3.5	0	0.0	
	TE 62×HO 30(1963)	253	45	17.8	0	0.0	
Total	969	69	7.1	2	0.2		
4X×2X Total			4784	728	15.2	42	0.9
2X×4X	F×F	IL 10×TE 62(1960)	102	46	45.1	0	0.0
		" (1961)	287	124	43.2	3	1.1
		" (1962)	380	102	26.8	2	0.5
		" (1963)	238	50	20.0	0	0.0
		HO1394×TE 66(1963)	243	65	26.8	6	2.5
	HO1393×TE 65(1963)	164	13	7.9	1	0.6	
	Total	1414	400	28.3	12	0.9	
J×F	HO 30×TE 62(1963)	387	54	14.0	4	1.0	
2X×4X Total			1801	454	25.2	16	0.9

F=Foreign varieties, J=Japanese varieties.

seed と同一のものと思われるが，著しく貧弱な種子もすべて記録したので第2，第3表に示したように着生率はかなり高い。

この交配によつて着生する種子が真生の雑種々子であるかどうかについてはすでに前報<sup>9)</sup>でのべた。すなわち，完全種子は大部分が温湯除雄の失敗によつて生じた母方の自殖種子であつた。また，不完全種子は除雄後授粉しなければ形成されず，さらに種子の永久標本による観察では胚の形成が認められ，受精を完了した雑種種子であると考えられた。

## 2. 交配種子の着生率について

交配の結果は第2表および第3表に示すとおりである。

表にみられるように，完全種子はどの交配組合せでも著しく低率に着生し，約1%でその大部分は前述のように母方の自殖種子であると考えられたが，これ

に反し雑種種子と考えられた不完全種子はかなり高率に着生した。交配に際しては細心の注意をはらつたが交配技術および交配時の条件が結実に微妙に影響すると考えられ，個々の交配組合せ間の差については明らかでない。しかし相反交配の比較および日本稲と外国稲の比較では若干異なるようであつた。すなわち，4倍体を母本とした交配では，二，三の例外はあるが一般に日本稲が外国稲よりも高く，前者が平均45.5%の着生率を示したのに対し後者は平均13.0%であつた。また，日本稲を母本として外国稲と交配した組合せでは変異はかなり大きいが平均値では22.0%で両者の中間であつた。しかし，外国稲を母本として日本稲を交配した組合せでは，3例だがいずれもきわめて低く平均7.1%であつた。2倍体を母本とした交配では，日本稲では平均22.0%，外国稲ではやや高く28.3%で，日本稲と外国稲で異なるかどうかは

明らかでない。しかし、日本種×外国種の1例では14.0%と比較的低かつた。次に相反交配について比較すると、日本種では4倍体を母本とした場合に高い組合せが多く、外国種では2倍体を母本とした場合に比較的高かつた。この点をさらに詳しく見るために第2表および第3表に示した相反交配を行なつた組合せの中で、交配花数が多く比較的信頼のおける組合せのみをまとめて第4表に示した。表にみられるように日本種では晩白籾×縞籾の1例をのぞき4倍体を母本とした場合が高かつた。これに反し、外国種のうち *O. sativa* f. *spontanea* および Ba Thut Nuho T. T. B. では

2倍体を母本とした交配が高く、日本種とは逆の傾向がみられ、Songa T. T. B. では4倍体を母本とした交配が高かつたがその割合はきわめて低率であつた。同様の比較を種子重および発芽率について行なつて第5表に示した。日本種ではすべて4倍体を母本とした場合が種子重は大きく、発芽についても2倍体を母本とした場合にはまったく発芽しなかつたが、4倍体を母本とした場合には若干の発芽が認められ、相反交配で異なる結果がえられた。この点は前報でのべた胚の発達程度とも一致する。外国種では種子が十分えられなかつたため十分な比較はできなかつたが、種子重に

Table 4. Seed set of imperfect seeds in reciprocal crosses between 4X and 2X.

Cross combination			2X×4X		4X×2X	
	2 X	4 X	No. of flowers pollinated	Seed set (%)	No. of flowers pollinated	Seed set (%)
J×J	Shinriki	Shimaine	152	25.7	111	69.4
	Aikoku	Aikoku	372	15.9	259	43.6
	Omachisenshitsu	Omachisenshitsu	207	28.0	127	52.8
	Isshakuine	Isshakuine	696	16.0	337	46.9
	Shimaine	Shimaine	198	46.0	290	54.1
	Bantō-shinriki	Aikoku	435	27.1	395	48.9
	Oku-shirasasa	Shimaine	161	48.5	460	40.2
	Tomoemasari	Tomoemasari	123	17.1	113	51.3
	Haya-shinriki	Henpeitō × Kōtō	363	3.6	158	20.9
	F×F	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	1007	32.0	789
Ba Thut Nuho T. T. B.		Ba Thut Nuho T. T. B.	243	26.8	241	0.0
Songa T. T. B.		Songa T. T. B.	164	7.9	351	11.7
J×F	Shinriki	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	387	14.0	253	17.8

J=Japanese varieties, F=Foreign varieties.

Table 5. Seed weight and germination of imperfect seeds in reciprocal crosses between 4X and 2X.

Cross combination			2X×4X		4X×2X	
	2 X	4 X	Weight (mg)	Germination (%)	Weight (mg)	Germination (%)
J×J	Shinriki	Shimaine	1.16	0.0	2.69	13.0
	Aikoku	Aikoku	0.76	0.0	3.34	8.7
	Omachisenshitsu	Omachisenshitsu	1.44	0.0	2.78	2.0
	Isshakuine	Isshakuine	1.10	0.0	2.06	0.0
	Shimaine	Shimaine	0.91	0.0	2.34	20.0
	Bantō-shinriki	Aikoku	0.95	—	1.79	—
	Oku-shirasasa	Shimaine	0.80	—	2.27	—
	Tomoemasari	Tomoemasari	0.90	0.0	2.32	9.4
	Haya-shinriki	Henpeitō × Kōtō	0.79	0.0	2.27	0.0
	F×F	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	0.81	0.0	0.80
Ba Thut Nuho T. T. B.		Ba Thut Nuho T. T. B.	1.22	—	—	—
Songa T. T. B.		Songa T. T. B.	0.69	—	0.67	—
J×F	Shinriki	<i>O. sativa</i> f. <i>spontanea</i>	1.41	7.4	1.09	13.3

J=Japanese varieties, F=Foreign varieties.

Germinations were tested with more than 50 seeds and seed weight with more than 20 seeds.

については調査された2組合せとも相反交配間に日本稲の場合のような差は認められず，しかも軽量であつた。しかし発芽については *O. sativa f. spontanea* の1例しか調査できなかったが，2倍体を母本とした場合にはまったく発芽しないのに対し，逆交配の種子は9.4%の発芽が認められた。また日本稲×外国稲の1例では，種子重はむしろ2倍体を母本とした場合が大で7.4%の発芽がみられたが，4倍体を母本とした場合の発芽率はさらに高く13.3%であつた。外国稲は交配種子の着生率については日本稲と若干異なるようであつたが，種子の発達についてはさらに追試を必要とするようである。少なくとも *O. sativa f. spontanea* および Shinriki × *O. sativa f. spontanea* では，日本稲の場合と同様に4倍体を母本とした交配で，逆交配よりも種子の発達は進んでいることが発芽率より推測される。

## 論 議

ここで用いた外国稲の中，Songa T. T. B.，および Ba Thut Nuho T. T. B. はいわゆるインド型に属する品種であり日本稲とは遺伝的構成が異なると考えられている品種である。

また，*O. sativa f. spontanea* は野性稲に属するものであり日本稲とはさらに類縁の遠いイネである。このような差異が4倍体と2倍体との間の交配種子の形成にも影響を及ぼすと考えられる。また，*O. sativa f. spontanea* では種子の着生率は2倍体を母本とした場合が良好であつたが，発芽率より推察される種子の発達は4倍体を母本とした場合が良好であつた。このような例は *Triticum* 属<sup>15)</sup> および *Avena* 属<sup>10)</sup> の倍数性を異にする種間交配においても報告がなされている。すなはち，高染色体数(♀)×低染色体数(♂)では種子の着生率は低いが，良く充実した種子が形成され発芽率が高く，低染色体数(♀)×高染色体数(♂)では種子は多量に着生するが貧弱な種子が形成され発芽率は低い。このことより考えると，倍数体間の交配では受精率あるいは受精後きわめて初期の受精卵の発達と後期の胚の発達とは必ずしも平行的でないようであり，不和合を誘起する機構の複雑性がうかがわれ，その機構は相反交配あるいは品種または種子により異なるのではなからうか。

倍数性を異にする植物間の交配は多くの植物において行なわれ，一般に高染色体数(♀)×低染色体数(♂)の交配が逆交配よりも交雑成功度は高いと考えられ，その原因については胚，胚乳および母体組織間の染色体数的な関係の相違により推察がなされてい

る。<sup>8,10)</sup> イネでも日本稲はこの一般論に入ると考えられるが，ツキミソウ，ヤエムグラ等の小数の例外も知られており<sup>11)</sup>これらとともに日本稲と外国稲との差異は不和合性の機構の複雑性を示唆すると考えられる。

## 摘 要

- 1) イネの3倍体を作成することを目的として，日本稲および外国稲を用い，2倍体および同質4倍体間に相反交配を行ない，交配種子の着生について観察した。
- 2) 交配の結果，良く充実した完全種子は低率で約1%しか着生しなかつたが，発達が劣る不完全種子は多量に着生した。
- 3) 完全種子は大部分が母本の自殖種子であり，不完全種子が真正の雑種種子と考えられたので，不完全種子により相反交配および品種間の交雑成功度を検討した。
- 4) 交配種子の着生率は相反交配により異なり，日本稲では  $4x \times 2x$  が逆交配より高く，また種子重，発芽率とも大であつたが，外国稲では  $2x \times 4x$  の方が多く着生し，種子重には差が見られなかつた。しかし発芽率は  $4x \times 2x$  の方が良いようであつた。

## 文 献

- 1) Boyes, J. W. and W. P. Thompson, 1937. The development of the endosperm and embryo in reciprocal interspecific crosses in cereals. *Jour. Genetics*, **34**: 202-227.
- 2) Brink, R. A. and D. C. Cooper, 1940. Double fertilization and development of the seed in Angiosperm. *Bot. Gaz.*, **102**: 1-25.
- 3) —and—, 1947. The endosperm in seed development. *Bot. Rev.*, **13**: 423-541.
- 4) Håkansson, A., 1950. Seed development after reciprocal crosses between diploid and tetraploid Rye. *Hereditas*, **34**: 256-296.
- 5) —, 1952. Seed development after 2X, 4X crosses in *Galeopsis pubescens*. *Hereditas*, **38**: 425-448.
- 6) 岸川英利, 1952. 水稻における4倍体と2倍体の交雑成績および特異な F<sub>1</sub> 植物について. *佐大農業報*, **1**: 47-55.
- 7) Morinaga, T. and H. Kuriyama, 1959. A note on the cross results of diploid and tetraploid rice plants. *Jap. Jour. Breed.*, **9**: 187-193.
- 8) Müntzing, A., 1933. Hybrid incompatibility and the origin of polyploid. *Hereditas*, **18**: 33-55.
- 9) 永松士巳・大村 武・古賀義昭, 1964. イネの2倍体，4倍体間の交雑に関する研究，特に交雑

- 種子の発達について. 九大農学芸誌, **21**: 25-34.
- 10) Nishiyama, I., 1932. The genetics and cytology of certain cereals, III. Different compatibility in reciprocal crosses of *Avena*, with special reference to tetraploid hybrids between hexaploid and diploid species. Jap. Jour. Bot., **6**: 245-305.
- 11) 西山市三・田中正武, 1961. 同質倍数性育種の現況. 育種, **11**: 106-110.
- 12) 大倉永治, 1940. 稲における4倍植物2倍植物との間に生じる2倍雑種(予報). 遺種, **16**: 228-233.
- 13) Tsuchiya, T., 1958. Studies on cross compatibility of diploid, triploid and tetraploid barleys. I. Seed development in reciprocal crosses between diploids and induced autotetraploids. Bot. Mag., **71**: 48-52.
- 14) —, 1960. Studies on cross compatibility of diploid, triploid and tetraploid barleys. II. Results of crosses between triploids, diploids and induced autotetraploids. Jap. Jour. Genet., **35**: 337-343.
- 15) Wakakuwa, S., 1934. Embryological studies on the different seed development in reciprocal interspecific crosses of wheat. Jap. Jour. Bot., **7**: 151-185.

### Summary

During 5 years from 1959 to 1963, many reciprocal pollinations between diploid and autotetraploid rice plants using Japanese and foreign varieties were artificially carried on by hot water emasculation method, and results were as follows (Tables 2 and 3).

From these crossings, besides plumply, well developed seeds, many shriveled and ill-developed seeds which contained no endosperm and were very light, 1/10~1/20 of normal seed in weight, were obtained. For convenience' sake, they were called perfect and imperfect seeds respectively.

The perfect seeds set in very low percentage, that is about 1%, but they germinated well and grew to maturity. From the cytological observations, it was found that almost all of them were selfed seeds of female plants. As to the imperfect seeds, seed setting ratio was comparatively high, but they germinated in low percentage and if germinated they could not grow to seedlings.

For the question whether these imperfect seeds were true hybrid seeds or parthenocarpically developed ones, some knowledges were already given in the first report.<sup>9)</sup> When diploid and tetraploid plants were castrated by hot water emasculation method and not pollinated afterwards, imperfect seeds did not set on diploid plants, and on tetraploid plants only 1.1% were set. This ratio was very low compared with the crossed results as shown in Tab. 2 and 3, so that the greater part of imperfect seeds in crossed case were seemed to be true hybrid seeds.

Degree of seed set was typically different between reciprocal crossings, and some differences were also found between varieties. In Japanese varieties, when diploid was used as female parent imperfect seeds were less easily obtained, but in reversed crossings they were more easily obtained and more heavy in weight and germinable. On the other hand, in foreign varieties imperfect seeds were more easily obtained in the crossing 2X×4X than in reversed crossings. This tendency was very striking in the varieties *O. sativa* f. *spontanea* and Ba Thut Nuho T. T. B., but in the crosses with *O. sativa* f. *spontanea* germination was better than that in 4X×2X cross as in Japanese varieties.

In foreign varieties, Ba Thut Nuho T. T. B. and Songa T. T. B. belong to the so-called Indica type, and *O. sativa* f. *spontanea* belongs to wild species. So that they were genetically different from Japanese varieties. From above facts, it was considered that the tendency of seed setting was not constant within varieties, and that this phenomenon was affected by genetic differences.