

# REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMIA

DIRECTOR: GUILLERMO GUERRA E. I. A.

VOL. XXI

JULIO DE 1961

Nº 56

Apartado aéreo 568 — Dirección postal: Facultad Nal. de Agronomía  
BIBLIOTECA — Medellín - Colombia S. A.  
TARIFA POSTAL REDUCIDA. REGISTRO Nº 648  
DEL MINISTERIO DE COMUNICACIONES

## ESTUDIOS GENETICOS DE LAS INCOMPATIBILIDADES EN LOS POLIPLOIDES DE *BRASSICA PEKINENSIS* RUPR.

KANZO SHIBATA \*

### INTRODUCCION

En general, las especies básicas del género *Brassica*, presentan autoincompatibilidades y cruzoincompatibilidades determinadas. Nos preguntamos entonces: hay o no hay la posibilidad de transformar estos fenómenos de la incompatibilidad en los poliploides artificiales de las especies básicas de *Brassica* que presentan tal autoincompatibilidad? Evidentemente este es un tema importante de la investigación desde los puntos de vista de la genética y el fitomejoramiento.

Shinohara (1949), Fukushima, Tokumasu & Oguro (1949) e Iizuka (1957) informaron igualmente que los autopoliploides artificiales en *Brassica pekinensis* fueron autoincompatibles, también Al contrario, Straub (1941) en los autopoliploides de *Brassica oleracea* y Kadota & Ito (1949) en los autopoliploides artificiales de *Brassica pekinensis*, informaron que esas plantas nuevas se transformaron en autocompatibles. No obstante, en todos estos casos, no se pudo conocer el genotipo de los genes opuestos de esas plantas. En estos puntos, todos los casos de los autopoliploides artificiales compatibles o incompatibles en otras familias, son completamente iguales; por ejemplo, en *Trifolium repens* de Atwood (1944), en *Oenothera shombiptala* de Hecht (1944) y en *Parthenium argentatum* de Gerstel (1950), Gerstel & Riner (1950) y en *Petunia axillaris* de Stout & Chandler (1942).

\* Profesor asociado. Depto de Biología. Facultad Nal. de Agronomía, Medellín.  
Recibido para publicación en junio 20 de 1960.  
UDC 576. 356.5 : 581. 162 : 582. 683.2.

El autor (Shibata 1955a) indujo hasta el año 1953 los autotetraploides artificiales respectivos, o sea  $S_1S_1S_1S_1$ ,  $S_2S_2S_2S_2$ ,  $S_3S_3S_3S_3$  y  $S_4S_4S_4S_4$ , por medio de tratamiento con colchicina para los individuos homocigóticos de 4 clases diferentes, o sea  $S_1S_1$ ,  $S_2S_2$ ,  $S_3S_3$  y  $S_4S_4$ , en cuanto al gene opuesto en *Brassica pekinensis*. Una serie de investigaciones respecto a la relación entre la fertilidad de la semilla y los genotipos opuestos de los padres y la función genética entre los genes opuestos en autotetraploides de *Brassica pekinensis* se empezó con los materiales básicos autotetraploides homocigóticos completos de 4 clases diferentes en cuanto al gene opuesto. Además, los cruzamientos para triploidía entre estos tetraploides y los diploides básicos fueron investigados por el autor. Como consecuencia, se obtuvo por el autor un resultado determinado respecto a la función del gene opuesto en poliploides de *Brassica pekinensis*. En este trabajo, se informa detalladamente esos resultados.

### Materiales y Métodos

Una variedad comercial del repollo chino (*Brassica pekinensis* Rupr.), llamada "Kanazawa-Hakusai", fue usada por el autor como material de esta investigación. Sus tetraploides artificiales respectivos fueron inducidos por el método de aplicación de gotas de la solución acuosa de colchicina de 0.2% a sus brotes. El progreso detallado respecto a la inducción de su tetraploide ya fue informado por el autor (1955a). Por eso, no se mencionará en este trabajo.

Los progenies de sucesivas generaciones puras de los genotipos homocigóticos completos y otros genotipos en cuanto al gene opuesto se obtienen fácilmente por los métodos artificiales de "la autopolinización del botón floral" como en el caso de su diploide.

Los resultados experimentales que se informarán en este artículo fueron obtenidos durante 8 años, de 1951 hasta 1958.

### Resultados experimentales

1. Las incompatibilidades en los individuos de genotipos homocigóticos completos.
  - (a). Las autoincompatibilidades en los individuos de genotipos homocigóticos completos.

En los individuos de 4 tipos de genotipos homocigóticos completos, las autofecundaciones fueron ejecutados por el autor con las flores recién abiertas. En 5 individuos examinados de  $S_1S_1S_1S_1$  en el año 1952,

TABLA 1. Resultados de los cruzamientos intra-grupales de la plantas S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub> de igual genotipo.

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polinizadas	Nº de cápsulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semilla	Promedio del Nº de semillas por c/a. flor	Promedio del Nº de embriones por flor	Fertilidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1951	37	17	36.2±14.14(60)*	6.0±1.31(8)	3.7±0.91(5.5)	38	1.03	25.2	4.1
"	1952	23	1	13.5	3	2.5	2	0.09	26.1	0.3
"	1953	14	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1952	6	1	19.5	5	3	1	0.16	22.1	0.7
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	10	6	30.1±6.51(36)	6.1±1.43(8)	5.1±1.25(6.5)	0	0	21.5	0
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	12	4	28.8±3.77(32)	4.1±0.75(4)	1.9±0.48(2.5)	0	0	23.2	0

\* Valor máximo entre paréntesis.

TABLA 2. Resultados de los cruzamientos S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub> y S<sub>b</sub>S<sub>b</sub>S<sub>b</sub>S<sub>b</sub>

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polinizadas	Nº de cápsulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semilla	Promedio del Nº de semillas por c/a. flor	Promedio del Nº de embriones por flor	Fertilidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1951	12	12	58.2±4.51(67)	8.3±0.37(9)	5.0±0.25(5.5)	184	15.3	25.2	60.7
"	1952	13	11	40.0±2.33(47.5)	5.7±0.62(7)	4.2±0.74(5.5)	85	6.5	26.1	24.9
"	1953	7	7	37.1±7.30(49)	6.8±0.26(7.5)	4.6±0.57(5.5)	82	11.7	23.4	50.0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1952	13	11	44.4±4.31(50.2)	5.4±0.47(6.3)	3.7±0.19(4.2)	88	6.8	26.1	26.1
"	1953	7	7	48.8±3.50(59)	6.9±0.58(8)	4.4±0.41(5)	94	13.4	23.4	57.3
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1952	14	12	33.5±7.14(45.6)	4.8±0.30(6.2)	3.5±0.48(4)	96	6.9	26.1	26.4
"	1953	12	12	40.4±8.12(58)	6.8±0.48(8)	4.3±0.39(5)	139	11.6	23.4	49.6
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1951	9	8	25.7±2.67(31)	5.7±0.55(6.5)	4.0±0.25(4.5)	21	2.3	19.7	11.7
"	1953	3	3	24.7±3.80(29)	6.7±0.29(7)	4.3±0.29(4.5)	25	8.3	21.1	39.8
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	6	6	22.5±10.25(25)	6.8±0.82(8)	4.1±0.58(4.5)	31	5.0	21.1	23.7
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	4	4	20.8±2.78(24.5)	5.7±0.62(7)	3.7±0.29(4)	20	5	21.1	23.7
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1953	8	8	39.3±2.80(44.5)	5.5±0.74(6.5)	4.2±0.83(5)	16	2	21.5	9.3
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1952	2	2	36.0±1.00(38)	6.5±0.00(6.5)	4.1±0.10(4.2)	11	5.5	22.1	24.9
"	1953	10	10	38.8±7.56(53.5)	5.7±0.98(7.5)	3.5±0.98(6)	34	3.4	21.5	15.8
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1952	3	3	41.8±1.04(42)	7.3±0.60(8)	4.6±0.10(4.8)	21	7	22.1	31.7
"	1953	8	8	32.6±10.67(50)	5.4±1.05(7)	4.1±0.99(6)	33	4.1	21.5	19.1
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1953	4	4	31.3±1.80(33)	7.4±0.48(8)	4.4±0.48(4.5)	18	4.5	23.2	19.4
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1953	11	11	27.4±4.17(35)	6.2±1.37(8)	3.7±0.91(5)	41	3.7	23.2	15.9
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	6	6	28.7±5.05(35)	6.6±1.07(7.5)	3.9±0.80(5)	28	4.7	23.2	20.3

4 individuos no pudieron producir semilla, y el otro presentó una fertilidad de semilla de 0.9%. Además, en 10 individuos examinados en el año 1953, un individuo presentó únicamente una fertilidad de semilla de 0.7% y los otros no produjeron semilla. Cinco individuos de  $S_2S_2S_2S_2$  fueron usados para esta investigación, o sea 3 individuos en el año 1952 y 2 individuos en el año 1953. Todos estos individuos no produjeron semilla. Diez individuos de  $S_3S_3S_3S_3$  fueron usados en el año 1952. Seis no produjeron semillas, y los otros 4 individuos presentaron un porcentaje de fertilización de 0.8 hasta 3.2%. Por último se usaron 8 individuos de  $S_4S_4S_4S_4$ , 7 de ellos no produjeron semilla, y el otro presentó fertilidad de semilla de 0.6%.

Como consecuencia de los experimentos arriba descritos consideramos que estos genotipos homocigóticos completos en cuanto al gene opuesto, tienen su incompatibilidad.

(b). Las cruzoincompatibilidades entre los diferentes individuos que tienen los mismos genotipos.

Los resultados que fueron obtenidos por estos cruzamientos se presentan en la Tabla 1.

En los resultados de esta tabla 1, todos los cruzamientos entre los diferentes individuos homocigóticos completos que tienen los mismos genotipos respecto al gene opuesto, los hemos considerado como cruzoincompatibles.

En estos cruzamientos, se midió la longitud y anchura de las cápsulas para examinar sus diferencias. Estos resultados también se incluyen en la tabla 1.

2. Los cruzamientos entre los individuos que tienen genotipos diferentes homocigóticos completos respecto al gene opuesto.

Se ejecutaron todos los cruzamientos posibles entre sí (tabla 2). En estos cruzamientos, la fertilidad de las cápsulas fue completa y sus condiciones de desarrollo fueron mejores que en los casos de cruzamientos entre los diferentes individuos de igual genotipo.

También sus fertilidades de semillas fueron elevadas en relación con los tetraploides inducidos artificialmente. Las diferencias entre los resultados de la tabla 1 y 2 son muy notorios.

Como consecuencia, los cruzamientos entre los individuos que tienen diferentes genotipos homocigóticos completos respecto a gene opuesto, los consideramos como cruzocompatibles.

3. Las incompatibilidades de los individuos  $S_aS_aS_bS_b$ .

TABLA 3. Resultados de autofecundaciones en  $S_a S_a S_b S_b$

Genotipo	Año	Nº de flores autofecundadas	Nº de cápsulas	Nº total de semillas	Promedio del Nº de semillas por c/a. flor	Promedio de embriones por flor	Fertilidad %
$S_1 S_1 S_2 S_2$	1952	23	0	0	0	—	0
	1953	24	0	0	0	—	0
$S_1 S_1 S_3 S_3$	1953	24	0	0	0	—	0
$S_1 S_1 S_4 S_4$	1953	36	4	3	0.08	21.8	0.4
$S_2 S_2 S_3 S_3$	1954	30	0	0	0	—	0
$S_2 S_2 S_4 S_4$	1954	34	0	0	0	—	0
$S_3 S_3 S_4 S_4$	1953	26	2	4	0.15	24.4	0.6

TABLA 4. Resultados de los cruces entre las plantas con el mismo genotipo  $S_a S_a S_b S_b$

Genotipo	Año	Nº de flores polinizadas	Nº de cápsulas	Tamaño de la cápsula			Fertilidad %
				Longitud	Ancho		
					Eje Mayor	Eje Menor	
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_1 S_1 S_2 S_2$	1952	6	0	—	—	—	0
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1953	12	0	—	—	—	0
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1953	11	0	—	—	—	0
$S_3 S_3 S_4 S_4 \times S_3 S_3 S_4 S_4$	1953	8	1	17.1	2.7	2	0

TABLA 5. Resultados de los cruces entre S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>b</sub>S<sub>b</sub> y S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>S<sub>a</sub>

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polini- zadas	Nº de cáps- ulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semillas	Promedio de semi- llas por c/a. flor	Prome- dio del Nº de embri- ones por flor	Ferti- lidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1952	13	13	36.7±6.09(49)	4.9±0.53(6)	3.6±0.34(4)	89	6.8	26.1	26.1
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1953	14	14	44.0±0.82(45)	6.7±0.44(7)	3.8±0.35(4)	41	10.3	23.4	44.0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	1	1	22	4	3	3	3	23.4	12.8
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	15	15	44.2±7.49(59.5)	7.4±0.20(8.5)	5.0±0.60(6)	216	14.4	23.4	61.5
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	3	3	27.8±8.62(35.5)	5.3±0.58(6)	4.3±0.28(4.5)	16	5.3	21.5	24.7
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	7	7	34.9±5.72(42)	5.3±0.70(6)	3.8±0.69(4.5)	25	3.6	21.5	16.7
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	3	3	21.2±2.55(24)	4.3±0.58(5)	2.7±0.58(3)	4	1.3	23.2	5.6
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1952	6	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1953	7	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1952	3	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1953	8	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1954	3	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1953	4	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1954	7	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1954	16	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1954	10	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	1953	15	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1954	8	0	—	—	—	0	0	—	0
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	1953	12	0	—	—	—	0	0	—	0

TABLA 6. Resultados de los cruces entre  $S_a S_a S_b S_b$  y  $S_c S_c S_c S_c$

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polini- zadas	Nº de cáp- sulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semillas	Prome- dio del Nº de semi- llas por c/a. flor	Prome- dio del Nº de embri- ones por flor	Ferti- lidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_3 S_3 S_3 S_3$	1952	3	3	$28.1 \pm 7.41(36.5)$	$5.6 \pm 0.83(7)$	$3.7 \pm 0.35(4.2)$	8	2.7	27.6	9.8
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_4 S_4 S_4 S_4$	1952	5	5	$36.1 \pm 4.32(40.5)$	$6.3 \pm 0.34(7)$	$4.1 \pm 0.62(5)$	17	3.4	27.6	12.3
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_2 S_2 S_2 S_2$	1953	7	7	$48.4 \pm 10.18(56)$	$7.6 \pm 0.68(8)$	$5.0 \pm 0.31(5.5)$	91	13	25.5	51.0
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_4 S_4 S_4 S_4$	1954	3	3	$43.8 \pm 0.76(44.5)$	$6.8 \pm 0.58(7)$	$5.2 \pm 0.58(5.5)$	43	14.3	28	51.2
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_3 S_3 S_3 S_3$	1954	8	8	$27.8 \pm 4.74(33.5)$	$7.1 \pm 0.53(8)$	$4.7 \pm 0.52(5.5)$	46	5.6	21.8	25.8
$S_2 S_2 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_1 S_1$	1954	12	12	$38.8 \pm 1.26(44.5)$	$6.9 \pm 0.29(7)$	$4.4 \pm 0.29(5)$	130	10.8	21.5	50.4
$S_2 S_2 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_1 S_1$	1954	2	2	$22.8 \pm 1.77(24)$	$6.8 \pm 0.35(7)$	$4.3 \pm 0.35(4.5)$	11	5.5	21	26.6
$S_3 S_3 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_2 S_2$	1953	3	3	$44.3 \pm 7.25(51.5)$	$8.0 \pm 0.50(9)$	$5.0 \pm 0.00(5)$	29	9.7	22.1	49.3
$S_3 S_3 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1954	26	26	$39.0 \pm 3.81(49)$	$6.3 \pm 1.06(8)$	$4.2 \pm 0.26(5.5)$	96	3.7	24.4	15.1

TABLA 7. Resultados de cruces entre  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_c S_c$

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polini- zadas	Nº de cápsu- las	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semillas	Prome- dio del Nº de semi- llas por c/a. flor	Prome- dio del Nº de embri- ones por flor	Ferti- lidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1954	11	11	$37.5 \pm 6.33(50)$	$6.0 \pm 0.45(7.5)$	$4.6 \pm 0.07(5)$	101	9.2	22.9	40.1
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1953	6	6	$54.1 \pm 6.80(61)$	$5.9 \pm 0.33(6.5)$	$4.0 \pm 0.00(4)$	57	9.5	24.5	38.7
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_2 S_2$	1953	6	6	$39.2 \pm 4.35(43)$	$6.9 \pm 0.96(8)$	$4.6 \pm 1.07(5.5)$	68	11.3	25.5	44.3
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1953	6	6	$40.6 \pm 4.71(47)$	$6.8 \pm 2.41(8.5)$	$4.5 \pm 1.41(6)$	81	13.5	25.5	52.9
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1953	4	4	$50.3 \pm 1.71(52)$	$8.0 \pm 0.00(8)$	$5.0 \pm 0.00(5)$	75	18.8	25.5	73.7
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_2 S_2$	1953	3	3	$51.3 \pm 3.40(55)$	$6.8 \pm 0.29(7)$	$4.0 \pm 0.00(4)$	60	20	25.5	78.4
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_2 S_2 S_3 S_3$	1954	3	3	$47.7 \pm 1.51(49)$	$8.0 \pm 0.00(8)$	$4.8 \pm 0.29(5)$	36	12	25.3	47.4
$S_2 S_2 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1954	5	5	$43.6 \pm 2.39(49)$	$7.7 \pm 1.09(9)$	$5.4 \pm 0.28(6)$	58	11.6	20.2	57.4
$S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_3 S_3 S_4 S_4$	1953	4	4	$35.6 \pm 9.65(48)$	$5.4 \pm 0.48(6)$	$3.8 \pm 0.91(4.5)$	39	9.8	25.5	38.4
$S_3 S_3 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1954	2	2	$34.0 \pm 8.49(40)$	$6.5 \pm 1.41(7.5)$	$4.8 \pm 0.35(5)$	12	6	21.9	27.4
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_3 S_3 S_4 S_4$	1953	3	3	$35.8 \pm 2.75(38)$	$6.2 \pm 0.29(6.5)$	$3.7 \pm 0.57(4)$	18	6	25.5	23.5
$S_3 S_3 S_1 S_4 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1954	3	3	$33.2 \pm 4.31(37)$	$6.7 \pm 0.28(7)$	$4.8 \pm 0.24(5)$	11	3.7	21.9	16.8
$S_2 S_2 S_3 S_3 \times S_3 S_3 S_4 S_4$	1954	5	5	$38.1 \pm 6.70(50)$	$7.8 \pm 0.76(9)$	$5.3 \pm 0.45(6)$	23	4.6	24	15.7
$S_3 S_3 S_4 S_4 \times S_2 S_2 S_3 S_3$	1954	7	7	$41.2 \pm 7.69(47)$	$7.0 \pm 0.50(7.5)$	$4.7 \pm 0.57(5.5)$	67	9.6	21.6	43.7
$S_3 S_3 S_4 S_4 \times S_2 S_2 S_4 S_4$	1954	2	2	$35.5 \pm 2.12(37)$	$7.3 \pm 0.35(7.5)$	$4.3 \pm 0.35(4.5)$	8	4	21.9	18.3

TABLA 8. Resultados de los cruces entre  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_d S_d$

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polini- zadas	Nº de cápsu- las	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº total de semillas	Prome- dio del Nº de semi- llas por c/a. flor	Prome- dio del Nº de embri- ones por flor	Ferti- lidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
$S_1 S_1 S_2 S_2 \times S_3 S_3 S_4 S_4$	1953	11	11	$37.4 \pm 9.80(53.5)$	$5.3 \pm 0.93(6)$	$3.5 \pm 0.34(4)$	71	6.5	24.5	26.5
$S_3 S_3 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_2 S_2$	1953	7	7	$32.7 \pm 8.49(39)$	$4.2 \pm 1.03(5)$	$2.7 \pm 0.86(4)$	22	3.1	22.2	14.1
$S_1 S_1 S_4 S_4 \times S_2 S_2 S_3 S_3$	1954	3	3	$22.2 \pm 3.74(26)$	$6.3 \pm 0.67(7)$	$4.2 \pm 1.25(6)$	9	3	21.5	14.0
$S_2 S_2 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_4 S_4$	1954	5	5	$22.5 \pm 0.76(23)$	$6.0 \pm 1.00(7)$	$4.0 \pm 1.00(5)$	13	2.6	25.6	10.2
$S_2 S_2 S_4 S_4 \times S_1 S_1 S_3 S_3$	1954	2	2	$24.8 \pm 2.47(53.5)$	$6.3 \pm 1.07(7)$	$3.8 \pm 0.35(4)$	6	3	21	14.3

TABLA 9. Resultados de los cruces entre las progenies originales de las 14 combinaciones de cruces secundarios con 4 probadores.

Combinación de padres en el cruzamiento	Nº de plantas maduras probadas	Probadores			
		S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	52	0(52)	—————1)	2) 3) 10.8—80.1(52)	14.4—54.2(20) 0(32)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	5	0(5)	38.5—48.5(2) 0(3)	—————	—————
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	70	20.4—55.9(4) 0(66)	—————	17.3—46.5(14) 0(56)	19.8—67.7(18) 0(52)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	21	34.3—63.0(2) 0(19)	—————	25.6—48.4(4) 0(17)	13.0—20.9(2) 0(19)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	21	18.2—46.2(9) 0(12)	—————	24.0—53.4(21)	0(21)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	34	0(34)	14.3—50.0(34)	0(34)	18.9—48.3(13) 0(21)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	49	0(49)	9.9—29.7(26) 0(23)	10.8—26.3(11) 0(38)	11.8—30.9(16) 0(33)
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	16	16.4—41.7(16)	—————	0(16)	0(16)
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	23	13.1—33.2(23)	—————	14.7—21.4(14) 0(9)	0(23)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	46	12.4—15.6(3) 0(43)	11.2—27.3(46)	14.4—21.8(13) 0(33)	18.4—30.2(10) 0(36)
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	10	—————	0(10)	10.2—18.3(10)	0(10)
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	13	15.7—32.3(13)	12.4—28.5(10) 0(3)	—————	0(13)
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	18	0(18)	24.4—28.1(4) 0(14)	11.5—13.7(4) 0(14)	21.2—30.4(18)
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	51	0(51)	16.3—23.3(17) 0(34)	12.4—19.7(8) 0(43)	21.6—31.8(8) 0(43)

NOTA: 1) No se cruzó.  
 2) %de fertilidad de semilla.  
 3) El valor numérico entre paréntesis es el número de individuos.

TABLA 10. Compatibilidad y proporción de segregación en las progenies originadas de 14 combinaciones de cruces secundarios.

Combinación de padres en el cruzamiento	Nº de plantas maduras	Probadores				Proporción de segregación	Genotipos obtenidos por análisis del gene
		S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>		
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	52	—	—	+	—	32 (1) : 20	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	5	—	—	—	—	3 (2) : 2	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	70	—	—	—	+	4 (3) : 48 : 4 : 14	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> { S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	21	—	—	+	—	2 (4) : 2 : 2 : 15	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> { S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	21	—	—	+	—	12 (5) : 9	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	34	—	+	—	—	21 (6) : 13	S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	49	—	—	—	—	11 (7) : 17 : 7 : 5 : 3 : 6	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> { S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub>
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	16	+	—	—	—	16 (8)	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	23	+	—	—	—	9 (9) : 14	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	46	—	+	+	+	10 (10) : 33 : 3	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> { S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	10	—	—	+	—	10 (11)	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	13	+	—	—	—	3 (12) : 10	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	18	—	+	+	+	4 (13) : 14	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	51	—	+	—	+	3 (14) : 1 : 5 : 7 : 13 : 23	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> S <sub>4</sub>

— Cruzo incompatible.

+ Cruzo compatible.

(a). Las autoincompatibilidades de los individuos  $S_a S_a S_b S_b$ .

Los resultados de autofecundaciones en las plantas de 6 genotipos  $S_a S_a S_b S_b$  diferentes se indican en la tabla 3.

En esta tabla 3, los individuos de genotipo  $S_a S_a S_b S_b$  se consideran autoincompatibles.

(b). Las cruzoincompatibilidades entre los individuos diferentes que tienen los mismos genotipos  $S_a S_a S_b S_b$ .

Estos resultados se indican en la tabla 4.

Como indicamos en esta tabla 4, en todos los cruzamientos no se pudo producir semilla. Por eso, estos cruzamientos los consideramos como cruzoincompatibles.

4. Los cruzamientos recíprocos entre los individuos de genotipo  $S_a S_a S_b S_b$  y los individuos de genotipos homocigóticos completos.

(a). Los resultados de cruzamientos recíprocos entre genotipo  $S_a S_a S_b S_b$  y  $S_a S_a S_a S_a$ .

Esos resultados se indican en la tabla 5.

En los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_a S_a$  no se produjo semilla en absoluto. Por eso, estos cruzamientos los consideramos como cruzoincompatibles.

Al contrario, 6 cruzamientos recíprocos entre  $S_a S_a S_a S_a \times S_a S_a S_b S_b$ , indicaron alta frecuencia de fertilidad de semilla. Como consecuencia, los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_a \times S_a S_a S_b S_b$  los consideramos como cruzocompatibles.

(b). Los cruzamientos entre los individuos de genotipo  $S_a S_a S_b S_b$  y  $S_c S_c S_c S_c$ .

Esos resultados se indican en la tabla 6.

5. Los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_c S_c$ .

Esos resultados se indican en la tabla 7.

En estos resultados, todas las flores cruzadas produjeron cápsulas, y se obtuvo alta frecuencia de fertilidad de semilla en todos los casos. Por eso, estos cruzamientos se consideran como cruzocompatibles.

6. Los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_d S_d$ .

Esos resultados se indican en la tabla 8.

En estos cruzamientos, todas las flores cruzadas produjeron cápsulas, y se obtuvo alta frecuencia de fertilidad de semilla. Por eso, estos cruzamientos se consideran como cruzocompatibles.

7. Los resultados de cruzamientos entre las progenies obtenidas a partir de los cruzamientos secundarios y de 4 genotipos homocigóticos completos.

Para explicar detalladamente las relaciones entre los genes opuestos fueron ejecutados los cruzamientos entre las progenies resultantes de los cruzamientos secundarios y de los 4 genotipos homocigóticos completos, resultando de ello 14 tipos.

En todos los casos, se usaron siempre los 4 genotipos homocigóticos completos como planta padre.

Estos resultados de cruzamientos se indican en la tabla 9.

Con los resultados de cruzamientos indicados en la tabla 9, se reformó nuevamente la relación de cruzocompatibles y cruzoincompatibles con 4 probadores, y se obtuvo asimismo las proporciones de segregaciones en cada población. Esos resultados detallados se indican en la tabla 10.

8. Los resultados de autofecundación de los individuos en su generación siguiente obtenidas por los cruzamientos secundarios de 6 tipos.

Estos resultados de autofecundaciones se indican en la tabla 11.

TABLA 11. Resultados de las autofecundaciones en las progenies originadas de los cruces secundarios.

Combinación de padres en el cruce	Nº de plantas maduras probadas	Fertilidad %
$S_3S_3S_3S_3 \times S_1S_1S_2S_2$	10	<div style="text-align: right;">2)</div> { 0 (8) { 0.5—0.8 (2)
$S_1S_1S_2S_2 \times S_3S_3S_3S_3$	5	{ 0 (4) { 0.4 (1)
$S_1S_1S_1S_1 \times S_1S_1S_2S_2$	5	{ 0 (4) { 0.8 (1)
$S_1S_1S_2S_2 \times S_1S_1S_1S_1$ <sup>1)</sup>	8	0 (8)
$S_1S_1S_2S_2 \times S_2S_2S_2S_2$ <sup>1)</sup>	2	0 (2)
$S_1S_1S_1S_4 \times S_1S_2S_3S_3$	49	{ 0 (38) { 0.5—0.8 (11)

1) Usando la polinización del botón floral.

2) El valor numérico entre paréntesis es el número de individuos.

TABLA 12. Resultados de cruzamientos intra e inter-grupales de plantas diploides  $S_1S_1$  y  $S_3S_3$

Cruce (Genotipo)	Año	Nº de flores polini- zadas	Nº de cáp- sulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Nº Total de semillas	Prome- dio del Nº total de se- millas por cada flor	Prome- dio del Nº de em- briones por flor	Ferti- lidad %
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
$S_1S_1 \times S_1S_1$	1953	17	1	24.8	4.6	3	2	0.12	29.2	0.4
$S_3S_3 \times S_3S_3$	1953	31	2	$37.9 \pm 2.40(39.6)$	$4.2 \pm 2.55(6)$	$2.6 \pm 1.98(6)$	5	0.16	26.1	0.6
$S_1S_1 \times S_3S_3$	1953	9	9	$55.9 \pm 11.18(73)$	$6.8 \pm 0.70(8.3)$	$4.2 \pm 0.62(5)$	233	25.89	29.2	88.7
$S_3S_3 \times S_1S_1$	1953	26	26	$51.8 \pm 9.83(67.2)$	$6.2 \pm 1.64(7.8)$	$4.1 \pm 0.46(5)$	481	18.5	26.1	70.9

TABLA 13. Resultados de los cruces recíprocos entre tetraploides y diploides.

Grupo	Combinación del cruzamiento (Genotipo)	Nº de flores polinizadas	Nº de cápsulas	Tamaño de la cápsula en mm.			Promedio de embriones por flor	Total de semillas	Nº Promedio de semillas por flor	Nº de semillas germinadas
				Longitud	Ancho					
					Eje Mayor	Eje Menor				
			1)	2)	2)	2)		3)	4)	5)
a <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	169	13( 7.69)	37.4± 3.77(46.5)	4.3±0.75(4.5)	2.6±0.48(3 )	25.2	2( 0)	0.012(0.05)	2(100 )
a <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	64	8(12.50)	34.7±10.12(47 )	4.6±1.31(5 )	2.8±0.90(4 )	25.4	2( 3)	0.031(0.12)	1(50 )
A a <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	121	10( 8.26)	36.8± 7.31(43 )	4.2±0.37(4 )	2.5±0.35(3.5)	25.8	3( 1)	0.025(0.10)	3(100 )
a <sub>4</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	45	6(13.33)	38.4± 2.23(40.5)	4.3±0.72(4.5)	2.8±0.18(3 )	26.5	4( 5)	0.089(0.34)	3(75 )
a <sub>5</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	12	1( 8.33)	34.5 (34.5)	4.0 (4 )	2.5 (2.5)	25.7	1( 0)	0.083(0.32)	0(0 )
b <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	42	16(38.10)	48.0± 7.56(51.5)	5.3±0.48(6 )	3.0±0.19(4 )	25.2	1( 5)	0.024(0.10)	1(100 )
b <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	195	127(65.13)	50.4± 5.05(54.5)	6.3±0.62(6.5)	3.1±0.74(3.5)	25.2	16( 3)	0.082(0.33)	13(81.25)
B b <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	26	13(50 )	54.0± 4.17(55 )	6.2±0.74(7)	3.3±0.29(4 )	25.2	1( 2)	0.038(0.15)	1(100 )
b <sub>4</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	15	8(53.33)	50.7± 7.14(55.5)	6.0±0.55(7 )	3.7±0.25(4.5)	25.4	2( 0)	0.133(0.52)	1(50 )
b <sub>5</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	41	17(41.46)	44.9± 2.33(48 )	5.1±1.07(6 )	3.1±0.48(4 )	25.4	1( 2)	0.024(0.09)	1(100 )
b <sub>6</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	11	5(45.45)	44.7± 3.50(48.5)	4.4±0.29(5.5)	3.1±0.83(3.5)	26.5	1( 4)	0.091(0.34)	1(100 )
c <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	91	4( 4.40)	26.1± 2.41(33 )	4.2±0.71(5 )	2.7±1.97(3 )	26.4	5( 6)	0.055(0.21)	1(20 )
C c <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	81	2( 2.47)	31.2± 7.62(34 )	4.2±2.44(5.5)	2.4±0.66(3 )	25.3	7( 3)	0.086(0.34)	2(28.57)
c <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	134	8( 5.97)	30.3± 3.61(36.4)	4.3±1.08(5.5)	2.8±0.43(3.5)	26.4	4( 4)	0.030(0.12)	1(25 )
D d <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> × S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	79	57(71.65)	32.5± 6.73(42 )	4.4±0.83(5.5)	3.1±0.46(4 )	26.4	9(61)	0.114(0.43)	4(44.44)
d <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> × S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	118	98(83.05)	33.8±11.94(58.8)	5.3±0.45(6 )	3.9±0.52(5 )	25.3	10(38)	0.085(0.34)	3(30.00)
Entre A y B	Prueba estadística	(G. L. = 9)	—(**)	** ———	* * ———	* * ———	—	— (*)	— (*)	—
Entre C y D		(G. L. = 3)	—(**)	* ———	* ———	* ———	—	— (**)	— (*)	—

NOTA: El valor numérico entre paréntesis es el siguiente: 1) % de cápsulas; 2) Valor máximo; 3) Número total de semillas vanas y arrugadas. 4) % de fertilidad de semilla; 5) % de germinación: \* No significativo. \*\* Significativos, al nivel del 1%.

Como se ve en los resultados de esta tabla 11, todas las progenies que fueron obtenidas por los cruzamientos secundarios de 6 tipos, las consideramos autoincompatibles.

9. Los resultados de cruzamientos del diploide básico.

Para comparar las relaciones entre los resultados de los cruzamientos dentro de los tetraploides y dentro de los diploides, se indican los resultados de cruzamientos entre diploides en la tabla 12.

10. Los resultados de cruzamientos recíprocos entre tetraploides y diploides.

Estos resultados de cruzamientos recíprocos entre tetraploides y diploides se indican detalladamente en la tabla 13.

Además, para comparar estadísticamente las relaciones entre estos resultados de cruzamientos recíprocos de  $4x \times 2x$  y los resultados de los cruzamientos  $4x \times 4x$  o  $2x \times 2x$ , se hicieron los respectivos cálculos.

Esos resultados se indican en la tabla 14.

#### DISCUSION

En los autotetraploides artificiales de *Brassica pekinensis*, los individuos de los 4 tipos de los genotipos homocigóticos completos en cuanto al gene opuesto, indicaron autoincompatibilidad total. También, según el resultado indicado en la tabla 3, los individuos de genotipos  $S_a S_a S_b S_b$  que son los híbridos  $F_1$  de individuos de genotipos homocigóticos completos se pueden considerar como autoincompatibles. Nuevamente, según los resultados indicados en las tablas 1 y 4, todos los cruzamientos entre los individuos que tienen genotipos iguales los podemos considerar como cruzoincompatibles. Al contrario, todos los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_a \times S_b S_b S_b S_b$  (tabla 2), los cruzamientos recíprocos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_c S_c$  (tabla 6), los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_c S_c$  (tabla 7) y los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_d S_d$  (tabla 8) se pueden considerar como cruzocompatibles.

En todos los cruzamientos, de  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_a S_a$  y  $S_a S_a S_b S_b \times S_b S_b S_b S_b$ , hubo cruzoincompatibilidad. Al contrario, sus cruzamientos recíprocos indicaron cruzocompatibilidad total (tabla 5).

En estos resultados, el hecho importante que se observa también, es la relación estrecha entre el gene opuesto y la fertilidad de semilla tanto en el autotetraploide artificial como en el caso de su diploide.

TABLA 14. Comparación de los resultados obtenidos de los cruces recíprocos de  $4x \times 2x$ ,  $4x \times 4x$  y  $2x \times 2x$ .

Grupos	Grados de Libertad	% promedio de cápsulas	Valor promedio del tamaño de la cápsula en mm.			% promedio de fertilidad de las semillas
			Longitud	Ancho		
				Eje Mayor	Eje Menor	
A	4	10.02 ± 2.67 *	36.36 ± 1.70 *	4.28 ± 0.22 *	2.64 ± 0.16 *	0.186 ± 0.134 *
A'	6	13.96 ± 23.68	23.47 ± 8.79	4.4 ± 1.21	3.17 ± 1.70	0.043 ± 0.114
B	5	48.91 ± 9.67 ***	48.78 ± 3.63 ***	5.57 ± 0.74 *	3.22 ± 0.02 ***	0.255 ± 0.170 ***
B'	13	96.78 ± 6.30	36.42 ± 6.42	6.26 ± 0.84	4.17 ± 0.21	27.29 ± 15.13
C	2	4.28 ± 1.75 *	29.2 ± 2.72 *	4.23 ± 0.07 *	2.63 ± 0.21 *	0.223 ± 0.110 *
C'	1	6.12 ± 0.33	35.35 ± 9.26	4.4 ± 0.45	2.80 ± 0.28	0.5 ± 0.1
D	1	77.35 ± 8.06 *	33.15 ± 0.92 **	4.85 ± 0.63 *	3.5 ± 0.57 *	0.385 ± 0.063 ***
D'	1	96.16 ± 5.44	53.85 ± 2.90	6.5 ± 0.38	4.15 ± 0.10	79.8 ± 10.41

NOTA: A': Combinación del cruce incompatible en  $4x \times 4x$ .  
 B': Combinación del cruce compatible en  $4x \times 4x$ .  
 C': Combinación del cruce incompatible en  $2x \times 2x$ .  
 D': Combinación del cruce compatible en  $2x \times 2x$ .  
 \* N° Significativo.  
 \*\*\* Significativo al nivel del 1%.  
 \*\* Significativo al nivel del 5%.

El individuo  $S_a S_a S_b S_b$  produce los gametos de 3 tipos, o sea  $S_a S_a$ ,  $S_a S_b$  o  $S_b S_b$ , con la proporción de 1:4:1. Todos los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_a \times S_a S_a S_b S_b$  fueron cruzocompatibles. En estos casos, el polen que tiene la función activa en el estigma del individuo  $S_a S_a S_a S_a$  es o el pólén  $S_b S_b$ ; o el pólén  $S_a S_b$  junto al pólén  $S_b S_b$ . Este tema es muy importante. Hecht (1944) ha informado que el pólén  $S_2 S_2$  tiene únicamente la función activa en el caso del cruzamiento  $S_1 S_1 S_3 S_3 \times S_1 S_1 S_2 S_2$  del tetraploide artificial de *Oenothera shombipala*. Para conocer tales relaciones en estos autotetraploides artificiales de *Brassica pekinensis*, el autor ejecutó los análisis de genes con las progenies de las generaciones siguientes que fueron obtenidas por los cruzamientos:  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_2 S_2$ ,  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_4 S_4$ ,  $S_2 S_2 S_2 S_2 \times S_2 S_2 S_4 S_4$ ,  $S_3 S_3 S_3 S_3 \times S_3 S_3 S_4 S_4$ ,  $S_4 S_4 S_4 S_4 \times S_2 S_2 S_4 S_4$ , y  $S_4 S_4 S_4 S_4 \times S_3 S_3 S_4 S_4$ . En el caso del cruzamiento  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_4 S_4$ , si el pólén  $S_4 S_4$  tiene la función activa únicamente, los progenies de la próxima generación obtenida de este cruzamiento será una población uniforme del genotipo  $S_1 S_1 S_4 S_4$ . Esta población uniforme tiene que indicar las relaciones siguientes: incompatibles para  $S_1 S_1 S_1 S_1$  o  $S_4 S_4 S_4 S_4$ , y compatibles para  $S_3 S_3 S_3 S_3$ . No obstante, 52 individuos de la generación siguiente que fueron obtenidos de este cruzamiento, segregaron en la proporción que se indica en (1) de la tabla 10, o sea 32:20, en las relaciones de incompatible-compatible entre  $S_1 S_1 S_1 S_1$ ,  $S_3 S_3 S_3 S_3$  o  $S_4 S_4 S_4 S_4$ . Este hecho no se puede explicar con la consideración de que el pólén  $S_4 S_4$  tiene únicamente la función activa en el estigma del individuo  $S_1 S_1 S_1 S_1$ , y sólo se puede explicar con la consideración de que los pólenes de 2 tipos de  $S_4 S_4$  y  $S_1 S_4$  tienen conjuntamente las funciones activas. Es decir, la población de las progenies de la siguiente generación que fueron obtenidas por el cruzamiento  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_4 S_4$  contienen los individuos de 2 tipos de genotipo  $S_1 S_1 S_1 S_4$  y  $S_1 S_1 S_4 S_4$ . El autor considera que el individuo del genotipo  $S_a S_a S_a S_b$  tiene la siguiente especialidad en la relación de incompatible-compatible entre  $S_a S_a S_a S_a$ ,  $S_b S_b S_b S_b$  o  $S_c S_c S_c S_c$ : incompatible para  $S_a S_a S_a S_a$ , pero, compatibles para  $S_b S_b S_b S_b$  y  $S_c S_c S_c S_c$ . Según esta consideración, 32 individuos de 52 progenies de la generación siguiente de  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_4 S_4$  serán individuos del genotipo  $S_1 S_1 S_4 S_4$ , y otros 20 individuos serán de genotipo  $S_1 S_1 S_1 S_4$ . También, 5, 13 y 23 individuos de las siguientes generaciones respectivas de  $S_1 S_1 S_1 S_1 \times S_1 S_1 S_2 S_2$ ,  $S_4 S_4 S_4 S_4 \times S_2 S_2 S_4 S_4$  y  $S_4 S_4 S_4 S_4 \times S_3 S_3 S_4 S_4$  indicarán las proporciones de segregaciones como se indica en (2), (12) y (9) de la tabla 10, o sea 3:2, 3:10 y 9:14, respectivamente.

Estos fenómenos se pueden explicar con el hecho de que los pólenes de 2 tipos como  $S_2S_2$  y  $S_1S_2$ ,  $S_1S_4$  y  $S_2S_4$  o  $S_1S_4$  y  $S_3S_4$  tienen las funciones activas en los cruzamientos respectivos de  $S_1S_1S_1S_1 \times S_1S_1S_2S_2$ ,  $S_1S_4S_4S_4 \times S_2S_2S_4S_4$  o  $S_4S_4S_4S_4 \times S_3S_3S_4S_4$ . Los cruces  $S_aS_aS_bS_b \times S_bS_bS_bS_b$  y  $S_aS_aS_aS_b \times S_cS_cS_cS_c$  indican cruzocompatibilidades, y se encontró una proporción de 21 y 34 individuos respectivamente en la siguiente generación de 2 cruzamientos de  $S_1S_1S_1S_4 \times S_4S_4S_4S_4$  y  $S_1S_1S_1S_4 \times S_3S_3S_3S_3$  en las proporciones respectivas de 12:9 (en este caso, la proporción teórica 1:1,  $\chi^2 = 0.43$ , G. L. = 1, P:0.7—0.5) y 21:13 (en el caso, la proporción teórica 1:1  $\chi^2 = 1.88$ , G. L. = 1, P:0.2—0.1) como en (5) y (6) de la tabla 10.

Al contrario se encontraron 10 y 16 individuos respectivamente en la siguiente generación de  $S_2S_2S_2S_2 \times S_2S_2S_4S_4$  y  $S_3S_3S_3S_3 \times S_3S_3S_4S_4$ , los cuales no indicaron los fenómenos de las segregaciones, como en (11) y (8) de la tabla 10. Estos hechos indican que el pólén  $S_4S_4$  tiene únicamente la función activa en estos dos cruzamientos.

Lewis (1947) ha descrito el siguiente fenómeno en un tetraploide artificial de *Oenothera organensis*: “En los pólenes heteroalélicos respecto al gene opuesto, las relaciones de dominante a recesivo que no fueron considerados en sus diploides aparecieron ciertamente entre dos genes, y un gene tiene la relación del dominante completo para el otro gene”.

Se presentan estos mismos fenómenos entre los genes de los pólenes heteroalélicos de estos autotetraploides artificiales nuestros de *Brassica pekinensis* como en los casos de tetraploides de *Oenothera organensis*?

Para obtener la contestación a este problema, las progenies respectivas de las siguientes generaciones de  $S_1S_1S_4S_4 \times S_1S_1S_3S_3$ ,  $S_1S_1S_3S_3 \times S_1S_1S_4S_4$ ,  $S_1S_1S_1S_4 \times S_1S_2S_3S_3$ ,  $S_1S_1S_4S_4 \times S_1S_1S_3S_4$ ,  $S_1S_1S_2S_2 \times S_1S_1S_2S_3$  y  $S_3S_3S_4S_4 \times S_1S_1S_2S_3$  se usaron nuevamente como material de análisis de genes.

Como un ejemplo de estos cruzamientos, tenemos el caso de 51 progenies de la generación siguiente de  $S_3S_3S_4S_4 \times S_1S_1S_2S_3$  que es un cruzamiento complicado. El individuo  $S_3S_3S_4S_4$  produce los óvulos de 3 tipos,  $S_3S_3$ ,  $S_3S_4$  y  $S_4S_4$ , en la proporción de 1:4:1. El individuo  $S_1S_2S_3S_3$  produce los pólenes de 4 tipos,  $S_1S_1$ ,  $S_1S_2$ ,  $S_1S_3$  y  $S_2S_3$ , en la proporción de 1:2:2:1. En estos pólenes, el pólén  $S_1S_1$  tiene evidentemente la función activa en el estigma del individuo  $S_3S_3S_4S_4$ . Además, por los resultados de los cruzamientos que se han descrito hasta

ahora en este trabajo, consideramos que los 2 pólenes de  $S_1S_2$  y  $S_1S_3$  tienen conjuntamente las funciones activas con el polen  $S_1S_1$ . En este caso, el punto más importante es que el polen  $S_2S_3$  tiene o no tiene la función activa. Si el polen  $S_2S_3$  no tiene la función activa los individuos de la próxima generación de este cruzamiento estarán formados por una población que contendrá los genotipos siguientes:  $S_1S_1S_3S_3$ ,  $S_1S_1S_4S_4$ ,  $S_1S_2S_3S_3$ ,  $S_1S_2S_4S_4$ ,  $S_1S_1S_3S_4$  y  $S_1S_2S_3S_4$ , en la proporción de segregación de 1:1:2:2:4:8. Esta población de genotipos indica la proporción de segregación de (1) de la tabla 15 respecto a las relaciones de cruzocompatibles-cruzoincompatibles entre 4 probadores que tienen los genotipos homocigóticos completos. Al contrario, si el polen  $S_2S_3$  tiene la función activa, los individuos de la próxima generación formarán una población que contendrá los genotipos siguientes:  $S_1S_1S_3S_3$ ,  $S_1S_1S_4S_4$ ,  $S_1S_2S_3S_3$ ,  $S_1S_2S_4S_4$ ,  $S_1S_1S_3S_4$ ,  $S_1S_2S_3S_4$ ,  $S_2S_3S_3S_4$ ,  $S_2S_3S_3S_3$  y  $S_2S_3S_4S_4$ , con la proporción de segregación de 1:1:2:2:4:8:4:1:1. Esta población de genotipos indica la proporción de segregación de (2) de la tabla 15 respecto a las relaciones de cruzoincompatibles-cruzocompatibles entre 4 probadores. No obstante, 51 individuos de la siguiente generación de este cruzamiento mostraron la proporción de segregación de (14) de la tabla 10. Esta proporción de segregación práctica no puede coincidir con la proporción de segregación de (2) de la tabla 15. Al contrario, la diferencia entre la proporción de segregación práctica y la proporción de segregación teórica de (1) de la tabla 15 no es significativa estadísticamente ( $\chi^2 = 1.88$ , G. L. = 5, P:0.9 — 0.8).

Como consecuencia, consideramos que los pólenes de  $S_1S_2$  y  $S_1S_3$  tienen las funciones activas en este cruzamiento.

TABLA 15. Proporción teórica de segregación de las progenies originales del cruce  $S_3S_3S_4S_4 \times S_1S_1S_2S_3$ .

Probadores				Proporción teórica de segregación	
$S_1S_1S_1S_1$	$S_2S_2S_2S_2$	$S_3S_3S_3S_3$	$S_4S_4S_4S_4$	(1)	(2)
—	+	—	+	1	1
				:	:
—	+	—	—	1	1
				:	:
—	—	—	+	2	2
				:	:
—	—	+	—	2	2
				:	:
—	+	—	—	4	4
				:	:
—	—	—	—	8	8
				:	:
+	—	—	—		5
					:
+	+	—	+		1

Con los métodos de análisis de los genes se obtuvieron los siguientes resultados:

Los cruzamientos:

$S_1S_1S_2S_2 \times S_1S_1S_2S_3$   
 $S_1S_1S_4S_4 \times S_1S_1S_3S_4$   
 $S_1S_1S_1S_4 \times S_1S_2S_3S_3$   
 $S_1S_1S_3S_3 \times S_1S_1S_4S_4$   
 $S_1S_1S_4S_4 \times S_1S_1S_3S_3$

Los genotipos que tienen las funciones activas:

$S_1S_3$   
 $S_1S_3, S_3S_4$   
 $S_1S_2, S_1S_3, S_2S_3, S_3S_3$   
 $S_1S_4, S_4S_4$   
 $S_1S_3, S_3S_3$

Todos estos resultados se pueden explicar por las relaciones de dominante a recesivo que existen entre dos genes de los pólenes heteroalélicos respecto al gene opuesto en autotetraploides artificiales de *Brassica pekinensis* tanto como en el caso del tetraploide artificial de *Oenothera organensis* que fue descrito por Lewis (1947).

Las relaciones de dominante a recesivo entre 4 genes en los pólenes heteroalélicos fueron determinados por el autor como sigue:

$$S_2 = S_3 > S_4 > S_1.$$

Ahora, consideramos otro problema muy importante. En el caso de  $S_1S_1S_1S_1 \times S_1S_1S_4S_4$ , los pólenes de tipos  $S_1S_4$  y  $S_4S_4$ , tienen las funciones activas. Hay o no hay diferencia entre estos 2 pólenes respecto a sus habilidades de fertilización? Si no hay la diferencia entre estos 2 pólenes, los individuos de la próxima generación de este cruzamiento deben estar constituidos por los individuos de  $S_1S_1S_4S_4$  y  $S_1S_1S_1S_4$  en la proporción de 1:4. Pero prácticamente, la proporción de  $S_1S_1S_4S_4$  y  $S_1S_1S_1S_4$  en 52 individuos de la siguiente generación de este cruzamiento indicó una proporción 32:20. La diferencia entre la proporción de segregación práctica (32:20) y la teórica (1:4) es estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 56.08$ , G. L. = 1,  $P < 0.001$ ). Sabemos que el número de individuos de  $S_1S_1S_1S_4$  es muy escaso para la proporción teórica. De esto resulta que los pólenes  $S_aS_b$  y  $S_bS_b$  tienen las funciones activas en el estigma del individuo  $S_aS_aS_aS_a$ , y la habilidad de fertilización del polen  $S_aS_b$  es más baja que la del polen  $S_bS_b$ . Como consecuencia de este hecho y de que los individuos  $S_1S_1S_1S_2$  y  $S_1S_1S_1S_3$  indican las autoincompatibilidades respectivamente, considerando que las relaciones de dominante a recesivo entre dos genes en los pólenes heteroalélicos respecto al gene opuesto, no son completas sino incompletas.

Recientemente, Bateman (1955), Kroh (1956), Sampson (1957 ab) y Thompson (1957) informaron igualmente sobre las incompatibilidades en *Brassica oleracea*, *Raphanus sativus* y *Raphanus Raphanistrum* como sigue: las funciones genéticas de los pólenes en estas plantas se determinan por sus genotipos, a saber, los fenómenos de las incompatibilidades en estas plantas se pueden explicar por el sistema esporofítico. No obstante, los resultados obtenidos por el autor en autotetraploides artificiales de *Brassica pekinensis* no se pueden explicar con el sistema esporofítico, sino con el sistema gametofítico únicamente.

Hay o no hay la diferencia entre el resultado de  $S_aS_aS_aS_b \times S_bS_bS_bS_b$  y el de  $S_aS_aS_aS_b \times S_cS_cS_cS_c$  en cuanto a su fertilidad de semilla?

Para obtener contestación a este problema, se usaron dos casos de  $S_1S_1S_1S_3$  y  $S_1S_1S_1S_4$ . Estos resultados se indican en las tablas 16 y 17.

Como resultado de las pruebas estadísticas que se indican en estas 2 tablas, hay diferencia respecto a la fertilidad de semilla entre  $S_aS_aS_aS_b \times S_bS_bS_bS_b$  y  $S_aS_aS_aS_b \times S_cS_cS_cS_c$ .

Las relaciones directas respecto a la fertilidad de sus cápsulas fueron descritas entre los resultados de cruzamientos recíprocos de  $2x \times 4x$  y los genotipos opuestos de sus padres. No obstante, ellas no

fueron descritas respecto a su fertilidad de semilla y frecuencia de germinación de semillas F<sub>1</sub>. Pero, en las combinaciones compatibles de 2x × 4x fueron obtenidas muchas más semillas vanas y arrugadas que en los casos de combinaciones de otros 3 tipos de cruzamientos recíprocos (Tablas 13 y 14).

También, algunos diploides que se habían reducido desde un tetraploide autoincompatible de *Brassica pekinensis* indicaron autoincompatibilidad (Shibata 1957a).

TABLA 16. Diferencia de fertilidad entre S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>3</sub> × S<sub>4</sub>S<sub>4</sub>S<sub>4</sub>S<sub>4</sub> y S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>3</sub> × S<sub>3</sub>S<sub>3</sub>S<sub>3</sub>S<sub>3</sub>.

Año	♀ \ ♂	S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub> S <sub>3</sub>
1954	4BB—21—1	23.4%	19.3%
	—12	67.7	30.0
	—13	28.5	26.0
	—15	24.7	17.3
	—17	30.3	21.5
	—23	39.4	26.6
	—31	64.3	46.5
	—32	51.8	21.8
	—33	34.4	39.3
	—39	21.6	17.9
	—40	36.1	26.4
	Promedio	38.35 ± 16.11	26.60 ± 9.11
	t = 3.12,	G. L. = 10,	P: 0.02—0.01
1955	4B—544—2	36.2	22.4
	—8	38.8	26.6
	—20	42.8	21.8
	Promedio	39.27 ± 3.77	23.60 ± 2.62
	P: 0.05—0.02	G. L. = 2,	t = 5.78,

La función genética del gene opuesto en *Brassicinae* y *Raphaniae* es común en especies diferentes o en géneros diferentes. Esta consideración ha sido sostenida por los investigadores siguientes: Karpechenko (1937), por el hecho de que las diferentes variedades usadas como padres reformaron su fertilidad de semilla en el cruzamiento entre 4x-*Brassica oleracea* y *Brassica carinata*. Kondo (1942) indicó el hecho de que los individuos de *Raphanobrassica* que fueron inducidos artificialmente por el cruzamiento entre 4x-*Raphanus sativus* y 4x-*Brassica oleracea* mostraron autoincompatibilidad y cruzoincompatibili-

TABLA 17. Diferencia de fertilidad entre  $S_1S_1S_1S_4 \times S_3S_3S_3S_3$  y  $S_1S_1S_1S_4 \times S_4S_4S_4S_4$ .

♀ \ ♂	$S_3S_3S_3S_3$	$S_4S_4S_4S_4$
4SB—31—4	63.3%	21.2%
—8	34.9	21.2
—11	41.8	52.4
—18	50.0	19.5
4SB—32—1	21.4	14.7
—3	75.6	42.3
—6	80.1	54.5
—7	34.9	15.3
—8	32.9	39.1
—12	37.8	27.9
—13	20.5	20.4
—17	40.4	16.2
—19	41.5	40
—20	21.2	36.8
4SB—33—2	35.9	18.1
—6	29.2	15.3
—8	21.6	21.1
—11	51.5	20
—12	52.3	43.3
—14	55.1	14.4
4BB—11—6	48.4	20.9
—14	41.1	13.0
Promedio	$42.79 \pm 15.11$	$26.71 \pm 13.05$
$t = 4.50,$	G. L. = 21,	$P < 0.001$

dad en los cruzaientos recíprocos. El autor Shibata (1956b) señala el hecho de que las diferencias de los genotipos de genes opuestos en los padres usados reforman extremadamente su fertilidad de semilla en el cruzamiento entre  $4x$ -*Brassica pekinensis* y *Brassica napus*. Nuevamente, Mizushima (1952) mantuvo esta consideración por el hecho de que los genomios básicos actuales en *Brassicinae* y *Raphaniae* fueron inducidos a un urgenomio bajo, también.

#### SUMARIO

1. Todos los individuos de los 4 tipos de genotipos homocigóticos completos en cuanto al gene opuesto, indicaron autoincompatibilidad.
2. Todos los cruzamientos entre los individuos que tienen genotipos iguales los podemos considerar como cruzoincompatibles.

3. Todos los cruzamientos posibles de  $S_a S_a S_a S_a \times S_b S_b S_b S_b$ , los cruzamientos recíprocos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_c S_c$ , los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_c S_c$  y los cruzamientos de  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_d S_d$  se pueden considerar como cruzocompatibles.
4. Los individuos de genotipo  $S_a S_a S_b S_b$  que son los híbridos  $F_1$  entre los individuos de genotipos homocigóticos completos, se pueden considerar como autoincompatibles.
5. En los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_a \times S_b S_b S_b S_b$ , aún en el caso de que los pólenes  $S_a S_b$  y  $S_b S_b$  tengan las funciones activas en el estigma del individuo  $S_a S_a S_a S_a$ , la habilidad de fertilidad del polen  $S_a S_b$  es más baja que la del polen  $S_b S_b$ .
6. Los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_b \times S_a S_a S_a S_a$  se pueden considerar como cruzoincompatibles. Al contrario, los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_b \times S_b S_b S_b S_b$  y  $S_a S_a S_a S_b \times S_c S_c S_c S_c$  se pueden considerar como cruzocompatibles.
7. Las fertilidades de semillas de los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_b \times S_c S_c S_c S_c$  son más altas que las de los cruzamientos de  $S_a S_a S_a S_b \times S_b S_b S_b S_b$ .
8. Los cruzamientos de  $S_a S_b S_c S_c \times S_a S_a S_a S_a$ ,  $S_a S_b S_c S_c \times S_b S_b S_b S_b$  y  $S_a S_b S_c S_c \times S_c S_c S_c S_c$  se pueden considerar como cruzoincompatibles.
9. Los cruzamientos de  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_1 S_1 S_1 S_1$ ,  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_2 S_2 S_2 S_2$ ,  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_3 S_3 S_3 S_3$  y  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_4 S_4 S_4 S_4$  indicaron cruzoincompatibilidades.
10. Todos los individuos con el genotipo de  $S_a S_a S_a S_b$ ,  $S_a S_a S_b S_c$  y  $S_a S_b S_c S_d$  obtenidos hasta ahora indicaron autoincompatibilidades.
11. Relaciones de dominante a recesivo existen entre dos genes de los pólenes heteroalelicos respecto al gene opuesto en autotetra-ploides artificiales. Las relaciones fueron determinadas por el autor como sigue:

$$S_2 = S_3 > S_4 > S_1$$

No obstante, consideramos que las relaciones de dominante a recesivo entre dos genes en los pólenes heteroalelicos respecto al gene opuesto, no son completas sino incompletas.

12. Estos fenómenos genéticos se explican con el sistema gameto-fítico en todos los casos.

13. Las relaciones directas respecto a la fertilidad de sus cápsulas fueron descritas entre los resultados de los cruzamientos recíprocos de  $2x \times 4x$  y de los genotipos opuestos de sus padres. No obstante, no fueron descritas respecto a la fertilidad de la semilla y la frecuencia de germinación de semilla  $F_1$ . Pero, en las combinaciones compatibles de  $2x \times 4x$  fueron obtenidas muchas más semillas vanas y arrugadas que en los casos de combinaciones de los otros 3 tipos de cruzamientos recíprocos.
14. Algunas consideraciones respecto a la función del gene opuesto en *Brassicaceae* han sido mencionadas por el autor.

Genetical studies of the incompatibilities on the polyploids of  
*Brassica pekinensis* Rupr.

KANZO SHIBATA

SUMMARY

In the present paper, the behavior or the function of the oppositional genes in the artificial autotetraploids and the relationships between the results of the reciprocal crosses of  $4x \times 2x$  and their oppositional genotypes of chinese cabbage (*Brassica pekinensis* Rupr.) were studied by the present author.

In a diploid commercial variety "Kanazawa-Hakusai", four homozygous strains,  $S_1S_1$ ,  $S_2S_2$ ,  $S_3S_3$  and  $S_4S_4$ , were analysed by the ordinary crossing experiments, and their correspondent autotetraploids induced by the dropping method of 0.2% aqueous solution of colchicine.

1. The results of the selfing, the primary and the secondary crosses were as follows:
  - a). All the plants with  $S_aS_aS_aS_a$  type showed a self-and cross-incompatibility in the intra-group crossings among individuals with the same genotype (Table 1).
  - b). All the possible cross combinations with  $S_aS_aS_aS_a \times S_bS_bS_bS_b$  type showed compatibility (Table 2).
  - c). The plants with  $S_aS_aS_bS_b$  type showed a self-and cross-incompatibility in the intra-group crossings among the individuals with the same genotype (Table 3 & 4).

- d). In the cross combinations with  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_a S_a$  type, cross incompatibility were recognized. On the contrary, the reciprocal crosses showed cross compatibility (Table 5).
- e). The reciprocal crosses between  $S_a S_a S_b S_b$  and  $S_c S_c S_c S_c$  were always compatible (Table 6).
- f). The cross combinations with  $S_a S_a S_b S_b \times S_a S_a S_c S_c$  type and with  $S_a S_a S_b S_b \times S_c S_c S_d S_d$  type were always compatible (Table 7 & 8).
2. Detailed gene analysis had been done in the offsprings of the next generation which were obtained from 14 secondary cross combinations (Table 9 & 10). As the results, the next facts were obtained:
- a). In the cross combination of  $S_a S_a S_a S_a \times S_b S_b S_b S_b$  type, even if both  $S_a S_b$  pollen and  $S_b S_b$  pollen have jointly the germinative function on the style of  $S_a S_a S_a S_a$  plant, the ability of fertilization of  $S_a S_b$  pollen is more lower than that of  $S_b S_b$  pollen.
- b). The crosses with  $S_a S_a S_a S_b \times S_a S_a S_a S_a$  type were incompatibles, on the contrary, the crosses with  $S_a S_a S_a S_b \times S_b S_b S_b S_b$  type and with  $S_a S_a S_a S_b \times S_c S_c S_c S_c$  type were compatibles.
- c). The fertilities of cross combinations with  $S_a S_a S_a S_b \times S_c S_c S_c S_c$  type are higher than those of  $S_a S_a S_a S_b \times S_b S_b S_b S_b$  type (Table 16 & 17).
- d). The cross combinations with  $S_a S_a S_b S_c \times S_a S_a S_a S_a$  type,  $S_a S_a S_b S_c \times S_b S_b S_b S_b$  type and  $S_a S_a S_b S_c \times S_c S_c S_c S_c$  type were incompatibles.
- e). The cross combinations with  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_1 S_1 S_1 S_1$ ,  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_2 S_2 S_2 S_2$ ,  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_3 S_3 S_3 S_3$  and  $S_1 S_2 S_3 S_4 \times S_4 S_4 S_4 S_4$  type were incompatibles.
- f). All the plants with  $S_a S_a S_a S_b$ ,  $S_a S_a S_b S_c$  and  $S_a S_b S_c S_d$  type which were obtained until today showed self-incompatibility.
- g). In the diploid heteroallelic pollen grains with regard to the oppositional gene,  $S_1$  is recessive to all three of the other alleles, and  $S_4$  is the intermediate;  $S_2$  and  $S_3$  are dominant over them, do not show dominance over each other. But, the dominant-recessive relationships are believed to be incomplete.
3. Those genetical phenomena are explained by the gametophytic system in all cases.

4. The relationships between the results of the reciprocal crosses of  $4x \times 2x$  and their oppositional genotypes were as follows:
  - a). There was clear difference between compatible and incompatible cross combinations with regard to the capacity of capsules set in the reciprocal crosses of  $4x \times 2x$ , on the contrary, there were no clear differences between both cross combinations with regard to seed fertility and germination capacity of  $F_1$  hybrids (Table 13 & 14).
  - b). The capsule setted on the compatible cross combination was more longer and wider than the capsule setted on the incompatible one in  $4x \times 2x$ , but there was no clear difference between both cross combinations in  $2x \times 4x$ .
  - c). On the compatible cross combination in  $2x \times 4x$ , numerous empty and shrivelled seeds were obtained than on the incompatible one.
  - d). Seed fertilities on the compatible cross combinations in the reciprocal crosses of  $4x \times 2x$  were more lower than ones in the same cross combinations among  $4x$  and  $2x$ , respectively.
5. Some considerations with regard to the function of the oppositional gene in *Brassicaceae* have been done by the present author.

#### BIBLIOGRAFIA

- Atwood, S. S. 1944. The behavior of alleles in polyploids of *Trifolium repens*. Proc. Nat. Acad. Scie. U.S.A. **30** : 69-79.
- Eateman, A. J. 1955. Self-incompatibility system in Angiosperms III. *Cruciferae*. Heredity **9** : 53-68.
- Fukushima, E., S. Tokumasu & E. Oguro. 1949. The artificial induced autotetraploid plants in *Raphanus* and *Brassica* vegetables. Jour. Hort. Assoc. Jap. **18** : 121-128.
- Gerstel, D. U. 1950. Self-incompatibility studies in *Guayule*. II. Inheritance. Genetics **35** : 482-506.
- & M. E. Riner. 1950. Self-incompatibility studies in *Guayule*. I. Pollen tube behavior. Jour. Hered. **41** : 49-55.
- Hecht, A. 1944. Induced tetraploids of a self-steril *Oenothera*. Genetics **29** : 69-71.
- Iizuka, M. 1957. Studies on the fertility of artificial polyploid plants V. Dual pollinations with self-incompatible and cross-compatible pollen in *Brassica*. Bull. Res. Inst. Food. Scie., Kyoto Univ., N° **19** : 52-62.
- Kadota, T. & K. Ito. 1949. Characters of tetraploid plants of chinese cabbage and Osakashirona. Jour. Hort. Asso. Jap. **18** : 57-61.
- Karpechenko, G. D. 1937. Experimental production of tetraploid hybrids *Brassica oleracea* L. x *Brassica carinata* Al. Braun. Bull. App. Bot. Gen. Pt. Breed. **7** : 53-68.

- Kondo, N. 1942. A new **Raphanobrassica** from the cross, **4x-Raphanus sativus** L. x **4x-Brassica oleracea** L. Jap. Jour. Genet. **18** : 126-130.
- Kroh, M. 1956 Genetische und entwicklungsphysiologische über die Selbststerilität von **Raphanus Raphanistrum**. Zeit. ind. Abst. und Verer. **87** : 365-384.
- Lewis, D. 1947. Competition and dominance of incompatibility alleles in diploid pollen. Heredity **1** : 85-108.
- Mizushima, U. 1952. Karyogenetical studies on **Brassicaceae**. Giho-do. Tokyo.
- Sampson, D. R. 1957a. The genetics of self-incompatibility in the radish. Heredity **48** : 26-29.
- 1957b. The genetics of self-and cross-incompatibility in **Brassica oleracea**. Genetics **42** : 253-263.
- Shibata, K. 1955a. Effect of the age of pollen and stigma on a fertility of artificial autotetraploids in **Brassica pekinensis** Rupr. Jour. Agr. Socie, Jap. **861** : 29-34.
- 1955b. Studies on self-and cross-incompatibility in the artificial autotetraploids of **Brassica pekinensis** Rupr. I. Results of the primary and the secondary crosses based on the four different strains with perfectly homozygous genotype for oppositional genes. Jap. Jour. Genet. **30** : 211-217.
- 1956a. Do. II. Gene analysis in the offsprings originated from several secondary crosses. Jap. Jour. Genet. **31** : 22-29.
- 1956b. Cytogenetical studies on the **4x-Brassica pekinensis** x **Brassica napus** F<sub>1</sub> hybrids. La Kromosomo **30-31** : 1029-1035.
- 1957a. Notes on the reduced diploid obtained a continued selfing strain of artificial autotetraploid of **Brassica pekinensis** Rupr. La Kromosomo **32** : 1109-1114.
- 1957b. Studies on self-and cross-incompatibility in the artificial autotetraploids of **Brassica pekinensis** Rupr. III. Gene analysis in the offsprings originated from S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>1</sub> and S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>. Jour. Agri. Scie., Tokyo Agricultural University, **3** : 185-191.
- 1957c. On the relationship between the results of the reciprocal crosses of 4x × 2x and their oppositional genotypes in **Brassica pekinensis** Rupr. Jour. Agri. Scie., Tokyo Agricultural University, **3** : 273-280.
- Stout, A. B. & C. Chandler. 1942. Hereditary transmission of induced tetraploidy and compatibility in fertilization. Science **96** : 257-258.
- Straub, J. 1941. Die Beseitigung der Selbststerilität durch Polyploidisierung. Ber. Deutsch. Bot. Ges., **59** : 296-304.
- Thompson, K. F. 1957. Self-incompatibility in marrow-stem Kale, **Brassica oleracea** var. **acephala**. Jour. Genet. **55** : 45-60.