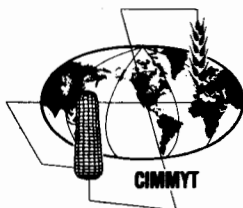


**IDENTIFICACION DE CROMOSOMAS DEL  
GENOMIO-D DE TRIGO HEXAPLOIDE EN  
UN TRITICALE DE 42 CROMOSOMAS**

**J. Perry Gustafson y F. J. Zillinsky**



**Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo  
International Maize and Wheat Improvement Center**

IDENTIFICACION DE CROMOSOMAS DEL GENOMIO-D DE  
TRIGO HEXAPLOIDE EN UN TRITICALE DE 42 CROMOSOMAS 1/

J. Perry Gustafson y F.J. Zillinsky 2/

RESUMEN

Una de las líneas más promisorias de que se dispone en triticales de 42 cromosomas, Armadillo (79HN458) (OC-1896 = X 368-6Y), fue cruzada con trigo hexaploide (cv. Neepawa, Chinese Spring y Saric 70), centeno diploide (UC-90) y la serie completa de líneas de Chinese Spring ditelocéntricas para los cromosomas del genomio D, a fin de determinar si algunos de los cromosomas del genomio D habían substituído en la línea Armadillo. Los resultados indicaron que el cromosoma 2D y posiblemente el 5D, del trigo hexaploide, se encontraban presentes en la línea Armadillo. La ocurrencia de más de 14 bivalentes en el híbrido entre Armadillo y trigo hexaploide indicó que los genomios A y B completos estaban presentes.

---

Los programas de mejoramiento de triticales que solamente han manejado triticales octoploides o hexaploides (X Triticosecale Wittmack) han registrado pocos avances en el aumento de los rendimientos de los triticales por encima de los del trigo harinero (Triticum aestivum, L em. Thell). Algunas de las líneas más promisorias de triticales de que se dispone se han seleccionado de programas de mejoramiento que utilizan cruzas entre triticales hexaploides y triticales octoploides (PISSAREV, 1963; KISS, 1966) o trigos hexaploides (NAKAJIMA y ZENNYOZI, 1966; LARTER, TSUCHIYA y EVANS, 1968; JENKINS, 1969, ZILLINSKY y BORLAUG, 1971).

NAKAJIMA (1961), al examinar las características morfológicas de los derivados  $F_{23}$  hexaploides de la crusa triple (trigo tetraploide x centeno diploide) x trigo hexaploide, concluyó que los cromosomas tanto del genomio R como del genomio D deben estar presentes en el complemento cromosómico. VARUGHESE (1969) y ZILLINSKY y BORLAUG (1971) señalaron que una de sus líneas más fértiles

---

1/ Título original en inglés: Identification of D-Genome Chromosomes from Hexaploid Wheat in a 42-Chromosome Triticale. Proceedings 4th International Wheat Genetics Symposium. Missouri. Agr. Exp. Sta., Columbia, Missouri 1973 (Reproducido con permiso).

2/ Respectivamente, Departamento de Ciencias Vegetales, Universidad de Manitoba, Winnipeg, Canadá y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Londres 40, México 6, D. F., México

de 42 cromosomas "Armadillo" fue el resultado de una intercrusa con trigo hexaploide y que ésta contenía los genomios A y B completos, junto con los cromosomas de los genomios D y R del trigo común y del centeno (Secale cereale L.), respectivamente.

Mediante el estudio de las relaciones de apareamiento, EVANS (1964) determinó que la substitución cromosómica puede ocurrir dentro de un genomio de una especie hexaploide de tres genomios. Evans hizo cruzas recíprocas entre dos antiploides. Triticum durum L.- Aegilops squarrosa L. y T. durum L.- Agropyron elongatum L., y encontró que los hexaploides resultantes contenían los genomios A y B del trigo duro y un tercer genomio constituido por varias combinaciones de cromosomas de Aegilops y de Agropyron.

GUSTAFSON y QUALSET (1973) propusieron --para dos poblaciones híbridas en las cuales Armadillo era uno de los progenitores y cuyo segundo progenitor contenía germoplasma de trigo harinero en su genealogía--, que había ocurrido substitución de algunos cromosomas del genomio D, por cromosomas del genomio R. En promedio los triticales en las dos poblaciones contenían los genomios A y B completos, aproximadamente 2 a 3 pares de cromosomas del genomio D, y aproximadamente 4 a 5 pares de cromosomas del genomio R del centeno.

El presente estudio se inició a fin de establecer la identidad de los cromosomas substituidos del genomio D presentes en una línea de Armadillo, que es uno de los triticales de 42 cromosomas más prometedoras disponibles en Manitoba.

## MATERIALES Y METODOS

Armadillo (79HN458) (OC-1896 = X308-6Y) se sembró en el invernadero en marzo de 1971, junto con los cultivares de trigo hexaploide de Neepawa, Chinese Spring y Saric 70, y con UC-90, un centeno diploide. También se sembró la serie completa de líneas de Chinese Spring ditelocéntricas para los cromosomas del genomio D. Se hicieron recuentos cromosómicos en las puntas de la raíz de todo el material sembrado, empleando la técnica Feulgen estándar, a fin de asegurar que como progenitores solamente se usarán plantas euploides. Armadillo se utilizó como progenitor masculino en cruzas con los cultivares de trigo y con líneas ditelocéntricas, y como progenitor femenino en las cruzas con centeno.

De todas las cruzas se obtuvieron semillas híbridas. Usando técnicas estándar de cultivo de embrión, se separaron los embriones híbridos y se cultivaron 14 a 16 días después de la polinización. Las plántulas resultantes se sembraron en el invernadero en julio de 1972. De los híbridos se colectaron anteras inmaduras que contenían células madres del polen y se fijaron en una solución de Carnoy al 6:31. Se analizaron de 9 a 30 células madre del polen de cada híbrido. El número de trivalentes, bivalentes y univalentes se contó en la metafase I, utilizando la técnica de aceto-carmín estándar. La fórmula de Gaul (1958):

$$P = \frac{X^2 + X - B}{(2x - B) Z}$$

se aplicó cuando fue apropiado para detectar el número máximo de cromosomas capaces de aparearse.

En dicha fórmula X, B y Z son el número total de quiasmatas, los cromosomas apareados contados, y el número de células en la preparación respectivamente.

## RESULTADOS

### Trigo hexaploide x Armadillo

En la  $F_1$  de trigo hexaploide por Armadillo, el número medio de bivalentes fue  $14.5 \pm 0.09$  con un intervalo de 13.8 a 15.8, con 40% de las células que contenían 15 bivalentes y 5% que contenían 16 bivalentes (Cuadro 1). Igualmente, el número de univalentes fue  $13.0 \pm 0.17$ , con un intervalo de 10.6 a 14.4. Cuando se aplicó la fórmula de Gaul, el número medio de pares de cromosomas fue de  $15.6 \pm 0.22$  con un intervalo de 14.6 a 18.1 (Cuadro 1). La fórmula de Gaul se usó para establecer la diferencia en el número de bivalentes presentes en virtud de la evidencia presentada por SHIGENAGA, LARTER y MCGINNIS (1971) en el sentido de que los cromosomas del centeno pueden causar asinapsis de los cromosomas del trigo y, por tanto, el número contado de pares de cromosomas sería menor que el número real de pares posible. Puesto que no hay evidencia de que ocurre un apareamiento homólogo entre cromosomas de centeno y trigo hexaploide en la presencia del cromosoma 5B, esta posibilidad se ignoró para los efectos de calcular el número posible de bivalentes usando la fórmula de Gaul.

Los resultados indican que por lo menos un cromosoma de centeno (R) ha sido reemplazado por un cromosoma de trigo hexaploide, porque si no hubiese habido sustitución en la línea de Armadillo, se habrían esperado 14 bivalentes ( $A_{7II}$  y  $B_{7II}$ ) y 14 univalentes ( $D_{7I}$  y  $R_{7I}$ ).

### Armadillo x centeno diploide

El análisis de la  $F_1$  de Armadillo x centeno diploide indicó que el número medio de bivalentes fue de  $8.0 \pm 0.09$  con un rango de 7.3 a 9.0 y que el número medio de univalentes fue de  $12.0 \pm 0.18$  con un rango de 10.1 a 13.3 (Cuadro 1). La fórmula de Gaul no se aplicó a esta cruce porque hubiese tenido que considerar los apareamientos homólogos ocurridos entre los genomios A y B además de los ocurridos con los pares de cromosomas del centeno (R). El número excesivo de trivalentes presentes (Cuadro 1) indicó la ocurrencia de apareamiento homólogo. Los trivalentes son probablemente el resultado del apareamiento homólogo de los cromosomas de los genomios A y B con cromosomas del genomio D que han substituído cromosomas del genomio R. Las células que contienen dos trivalentes

Cuadro 1. Análisis citológico de trigo hexaploide (cv. Neepawa, Chinese, Chinese Spring y Saric 70) x Armadillo y de híbridos de Armadillo x centeno diploide (UC-90).

No. de híbridos analizados	No. de células analizadas	% de células con 15 bivalentes	% de células con 16 bivalentes	Media del total de bivalentes	Media del No. total de bivalentes (fórmula de Gaul)	Media del No. de bivalentes
Neepawa 6	x Armadillo 13	22	11	14.8 ± 0.22	16.2 ± 0.39	12.7 ± 0.42
Chinese Spring 13	x Armadillo 236	47	2	14.4 ± 0.08	15.2 ± 0.25	13.2 ± 0.16
Saric 70 1	x Armadillo 20	55	10	14.5 ± 0.15	14.9 <sup>1</sup>	13.1 ± 0.26
Media	- -	40	5	14.5 ± 0.09	15.6 ± 0.22	13.0 ± 0.17
Armadillo 23	x UC-90 549 <sup>2</sup>	-	-	8.0 ± 0.09	-	12.0 ± 0.18

<sup>1</sup> Error estándar no disponible debido a que sólo se analizó un híbrido

<sup>2</sup> Inclusive 23 células con 1 trivalente y 6 células con 2 trivalentes

indican que pudo haber habido más de un cromosoma del genomio D substituyendo a un cromosoma del genomio R.

Líneas ditelocéntricas x Armadillo

El apareamiento en la F<sub>1</sub> metafase I de la cruce de Armadillo con las líneas ditelocéntricas para los cromosomas del genomio D muestran que algunos cromosomas del genomio D habían substituído en lugar de los cromosomas del genimio R en Armadillo (Cuadro 2). Los resultados indicaron que 1D, 3D, 4D, 6D y 7D no estuvieron presentes en la línea de Armadillo de 42 cromosomas (Fig. 1). Sin embargo, la evidencia indicó que el cromosoma 2D y posiblemente el 5D habían sido substituídos en las líneas de Armadillo (Fig. 2). La baja frecuencia de bivalentes heteromórficos en la cruce 5D, y el hecho de que la línea de Armadillo tiene un cuello piloso, pudiera indicar que en el mejor de los casos sólo estaba presente un segmento del 5D. Esta cruce se está repitiendo en virtud de lo incierto de los resultados.

Cuadro 2. Análisis citológico de líneas Chinese Spring ditelocéntricas para los cromosomas del genomio D x Armadillo

Línea ditelocéntrica	No. de células analizadas	No. de células con telocéntrico sin aparear	No. de células con bivalente heteromórfico presente	No. de células en donde no se determinó telocéntrico
1D	20	70	0	0
2D	26	2	22	2
3D	60	60	0	0
4D	50	50	0	0
5D	47	40	7	0
6D	39	39	0	0
7D	40	40	0	0

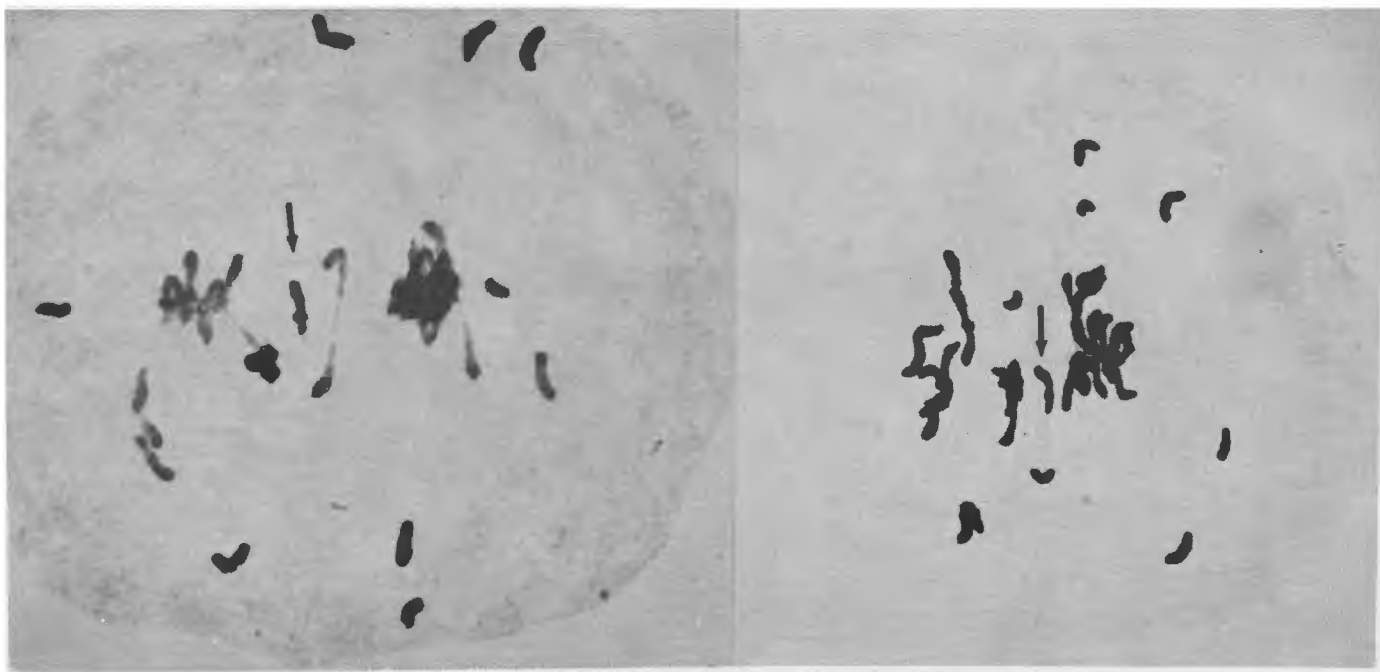
DISCUSION

Este estudio indicó claramente que el cromosoma 2D del trigo hexaploide, y posiblemente el 5D, habían sido substituídos en el triticale Armadillo de 42 cromosomas (70HN458). Hubo estas substituciones en el genomio R y no dentro de los genomios A o B, porque más de 14 bivalentes ocurrieron en la cruce de trigo hexaploide x Armadillo.

Esto significa que Armadillo no es un hexaploide verdadero sino un anfi-ploide segmentario y que éste tendrá que manejarse de manera diferente que un



**Fig. 1** Metafase I en la F<sub>1</sub> de líneas ditelocéntricas de Chinese Spring para el cromosoma 3D x Armadillo (70HN 458), mostrando 15 bivalentes, 11 univalentes y 1 telocéntrico. (X640).



**Fig. 2** Metafase I en la F<sub>1</sub> de Chinese Spring ditelocéntrico para el cromosoma 2D (izq.) o 5D (der.) x Armadillo (79HN458). Los bivalentes heteromórficos están marcados con flechas (X840).

triticale hexaploide verdadero cuando se le utilice en un programa genético. Debido a que en muchos programas de mejoramiento genético se cruza el trigo hexaploide con triticale hexaploide, se puede presumir que han habido varias substituciones en otras líneas de triticale. Las cruzas entre estos varios triticales segmentarios y triticales hexaploides puros dan como resultado grados variables de segregación cromosómica anormal y esterilidad. Esto podría afectar el avance del mejoramiento de los triticales hasta que se hagan modificaciones en los programas de mejoramiento genético para utilizar cabalmente estos triticales segmentarios. Debido a que de tales cruzas se espera un alto grado de esterilidad, se deben examinar grandes poblaciones  $F_2$  para acrecentar la posibilidad de encontrar tipos deseables. En los programas de mejoramiento que no pueden cultivar vastas poblaciones de  $F_2$ , se precisa de mucho cuidado al seleccionar progenitores que reduzcan al mínimo la cantidad de anormalidades cromosómicas que ocurren, de otra manera habrá que reducir el número de poblaciones  $F_2$  estudiadas. En algunos casos habrá que considerar a las cruzas de triticale como cruzas interespecíficas y tendrán que manejar conforme a tal consideración.

#### RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Sra. H. Ikonen por su asistencia técnica. También agradecen profundamente el apoyo financiero de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional y del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, de Ottawa, Canada.