



NIVEL DE PLOIDÍA, ESTABILIDAD CITOLÓGICA Y FERTILIDAD EN CRUZAS DE TRITICALE X TRIGOPIRO (TRICEPIROS)

Víctor Ferreira, Marisel Scaldaferro, Ezequiel Grassi y Beatriz Szpiniak.

Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. RN 36 km 601 CP
(X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba.

*Autor para correspondencia: V. Ferreira. Genética, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de
Río Cuarto. RN 36 km 601 CP (X5804BYA) Río Cuarto, Córdoba.*

E-mail: vferreira@ayv.unrc.edu.ar

ABSTRACT

Hybrids obtained crossing triticale (*X Triticosecale* Wittmack) and wheat x *Agropyron* (= *X Agrotricum* A. Camus) are called Tricepiros. The objectives of this work were to analyze the ploidy level, the cytological stability, and the fertility in tricepiros obtained by crossing hexaploid triticale x octoploid *Agrotricum* at Río Cuarto National University, Córdoba, Argentina. Plants F_7 from four crosses were used. In the pollen mother cells, the number of bivalents and micronuclei in microspores were determined. Also, grains and spikelets per spike and the fertility index in mature spikes was analyzed. The ploidy level was 6x with a mean of 20.86 ± 0.78 bivalents per pollen mother cell. The crosses showed a significant difference in the proportion of cells with 21 II; those with the highest percentage of pollen mother cells with 21 II had the fewest micronuclei. They also differed in fertility ($F = 6,66^{***}$). The relationship between fertility index and cytological characters was significant and intermediate.

Key Words: (Triticale x *Agrotricum*), Ploidy, Microspores, Fertility.

RESUMEN

Los híbridos denominados tricepiros se obtienen cruzando triticale (*X Triticosecale* Wittmack) y trigopiro (*X Agrotricum* A. Camus). En este trabajo se analizó el nivel de ploidía, la estabilidad citológica y la fertilidad en tricepiros obtenidos en la UN de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, mediante cruzamientos de triticales hexaploides y trigopiros octoploides. En plantas F_7 de cuatro cruces se determinó el número de bivalentes en la meiosis de células madres del polen, la frecuencia de micronúcleos en las microsporas, el número de granos y espiguillas por espiga y su relación (índice de fertilidad). Las cruces presentaron nivel de ploidía 6x con $20,86 \pm 0,78$ bivalentes por célula madre del polen. Las cruces difirieron significativamente en la proporción de células con 21 II; las que tuvieron mayor porcentaje de células euhexaploides presentaron menor cantidad de micronúcleos en telofase II, resultando citológicamente más estables. Las cruces también difirieron en fertilidad ($F = 6,66^{***}$) y se verificó intermedia pero significativa relación de la fertilidad con los caracteres citológicos.

Palabras Clave : Tricepiro, Ploidía, Microsporas, Fertilidad.

Introducción

En la Argentina, la producción primaria del sector ganadero bovino de carne asciende a unos 3.13 millones de toneladas anuales. A su vez, el ganado bovino lechero produce 10.000 millones de litros anuales (SAGPyA, 2005). La región suhúmeda seca y semiárida

pampeana que ocupan las provincias de Córdoba, La Pampa y San Luis contiene casi 10.5 millones de cabezas bovinas (23,4 % del total nacional), correspondiendo 9.2 millones (88 %) a bovinos de carne y 1.3 millones (12 %) a bovinos de leche (INDEC, 2002).

En la región mencionada, la época invernal presenta escasas precipitaciones y heladas frecuentes, motivos por los que decae la producción de los pastizales y de las pasturas perennes implantadas. La continuidad de la producción animal demanda de forraje estacional fresco y suplementar la dieta. Las pasturas anuales invernales cumplen con el primer objetivo y ocupan 2.2 millones de hectáreas en las provincias mencionadas (INDEC, 2002). Por otro lado, la diversificación de los cultivos en un agroecosistema es un factor que contribuye a asegurar la producción y balancear racionalmente los componentes del mismo, por lo que es necesario disponer de nuevos cultivos y mejores cultivares.

La hibridación interespecífica e intergenérica en las tritíceas tiene gran importancia tanto para el mejoramiento, en particular del trigo, como para dilucidar las relaciones entre especies y su composición genómica (Sharma, 1995). Además, también permite intentar la síntesis de nuevos cultivos. El primer caso concreto es el del triticales (*X Triticosecale* Wittmack). Otro ejemplo, mucho más reciente lo constituye el "tricepiro", que es motivo de investigación y desarrollo tanto por las potenciales recombinaciones genómicas que se pueden obtener como por su productividad, rusticidad y valor nutritivo (Covas, 1989; Ferreira y Szpiniak, 1994; Brizuela *et al.*, 1997).

El tricepiro puede constituirse en el segundo cereal sintético obtenido por el hombre; los primeros trabajos se realizaron en la década de 1970 (Covas, 1976). Este autor asignó el nombre vulgar "tricepiro" a las combinaciones de *Triticum* L., *Secale* L. y *Agropyron* (L.) Gaertn. *s.l.* obtenidas a través de cruzamientos entre triticales (*Triticum* x *Secale*) = *X Triticosecale* Wittmack, y trigopiros (*Triticum* x *Agropyron*) = *X Agrotricum* A. Camus.

Tales combinaciones son híbridos intergenéricos múltiples donde intervienen especies con diferentes sistemas de reproducción, genomas y citoplasmas. El desarrollo de germoplasma requiere estabilizar los derivados, superando la inestabilidad citológica y la baja fertilidad inicial, para luego realizar el mejoramiento de caracteres con importancia agronómica. Debido a su síntesis relativamente reciente, el desarrollo de germoplasma es aún incipiente.

Los antecedentes sobre la obtención y uso de tricepiros son muy escasos. En el exterior son casi inexistentes; Nowacki *et al.* (1979) en Polonia obtuvie-

ron una combinación trigo-agropiro-centeno, estéril por indehiscencia de las anteras que, retrocruzada con triticales, originó el derivado TAS de $2n = 42$, similar al triticales, con buen desarrollo del grano y contenido proteico levemente superior.

En nuestro país, el desarrollo de germoplasma se inició en La Pampa en 1972, año en el que se obtuvieron dos cruza artificiales triticales x trigopiro y se identificó un híbrido natural (Covas, 1976). Luego de varias generaciones de selección, una de las líneas más promisorias (Frecentes y Covas, 1985) se registró como cultivar en 1994 con el nombre "Don René INTA" en homenaje al Dr. René Favaloro. Este tricepiro tiene $2n = 6x = 42$ cromosomas y fórmula genómica AABB RR con introgresión de "agropiro" (Poggio *et al.*, 1997; Ferrari, 2004; Ferrari *et al.*, 2005) y, a pesar de los años de selección, aún mantiene diversidad fenotípica. Además, varios autores han estudiado líneas hermanas de "Don René INTA" en cuanto a su citología, variabilidad morfológica, producción de forraje y grano.

Por otro lado, en la década de 1990 se comenzó a desarrollar germoplasma de tricepiro en la UN de Río Cuarto, empleando triticales hexaploides ($2n = 6x = 42$) y trigopiros octoploides ($2n = 8x = 56$) (Ferreira y Szpiniak, 1994; Ferreira *et al.*, 1998). La ploidía inicial de las cruza y las diferentes contribuciones genómicas sugieren que, aún después de varias generaciones, los tricepiros pueden tener inestabilidad cromosómica, desórdenes meióticos y diferencias de fertilidad entre cruzamientos. El objetivo de este trabajo fue determinar el número cromosómico, el comportamiento meiótico y relacionar caracteres citológicos con los de fertilidad de la espiga en tricepiros obtenidos en la UN de Río Cuarto.

Materiales y Métodos

a) Nivel de ploidía y estabilidad citológica.

Se analizaron 61 individuos F_7 de las siguientes cruza entre triticales y trigopiro: Tizné UNRC x Don Noé INTA (28 plantas), LF 42 UNRC x Don Noé INTA (11 plantas), LF 42 UNRC x MAGNIF 106 INTA (10 plantas) y Genú UNRC x MAGNIF 106 INTA (12 plantas). Las F_1 se cultivaron en vidriera. Las F_2 se cultivaron a campo y se efectuó selección individual con particular énfasis en la fertilidad y cosecha en masa. Luego se cultivaron y cosecharon en masa hasta F_7 .

Las observaciones citológicas se realizaron en cé-

lulas madres del polen (CMP), fijadas en 6:3:1 (cloriformo-etanol 96°-ácido acético) durante 24 h y conservadas en etanol 70° a 4 °C. Los aplastados se realizaron en una antera por vez, teñidas con carmín acético y mordiente férrico. Se analizaron 20-25 CMP en cada individuo, efectuando recuento de bivalentes en diacinesis - metafase I (II/CMP). Además se observaron 200 microsporas de 10 individuos por cruzas determinando la presencia y el porcentaje de microsporas con micronúcleos (% MCM).

Las diferencias entre cruzas se estudiaron mediante una clasificación anidada y el modelo lineal aditivo de efectos al azar $Y_{ij} = \mu + \delta_i + \alpha_{ij}$, donde: μ es la media general, δ_i el efecto cruzas y α_{ij} el error experimental. Se realizó el ANVA a una vía de clasificación, considerando a las cruzas como tratamientos y a las plantas dentro de cruzas como repeticiones. Los valores promedio se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan y se realizaron contrastes ortogonales para los efectos "trigopiro" y "triticale" (Sokal y Rohlf, 1981).

b) Relación entre estabilidad citológica y fertilidad

En las mismas F_7 se fijaron espigas de 13 plantas de Tizné UNRC x D. Noé INTA, 9 de LF 42 UNRC x D. Noé INTA, 7 de LF 42 UNRC x MAGNIF 106 INTA y 12 plantas de Genú UNRC x MAGNIF 106 INTA. Se utilizó la metodología antes descrita y se determinó el % de CMP con 21 bivalentes en metafase I, observándose un mínimo de 50 CMP por planta; También se estableció el % de microsporas con micronúcleos en telofase II, empleando 150-200 observaciones por individuo.

Por otro lado, en 5 espigas maduras de las mismas plantas, se determinó el N° de granos por espiga (NGE), el N° de espiguillas por espiga (NEE) y el Índice de Fertilidad ($IF = NGE/NEE$). Para el análisis se utilizó un modelo lineal aditivo similar al del caso anterior y se realizó el análisis de la variancia a una vía de clasificación, considerando a las cruzas como tratamientos y a las plantas dentro de cruzas como repeticiones. Los promedios se compararon mediante la prueba de Duncan. Los conteos se transformaron a log x para el análisis. Además, se calcularon las correlaciones simples entre los caracteres (Sokal y Rohlf, 1981).

Resultados

a) Nivel de ploidía y estabilidad citológica

El promedio de bivalentes por CMP y el % de CMP

con 21 II se presentan en la Tabla 1. La clase más frecuente de CMP fue la que contuvo 21 II, pero existieron células aneuploides con 18, 19, 20 y 22 II. Los bivalentes se presentaron cerrados en su gran mayoría. También se observaron ocasionales univalentes y multivalentes, bivalentes heteromórficos, asociaciones secundarias, cromosomas con extremos pegajosos, de 2-3 bivalentes asociados al nucleolo y ocasionales cromosomas retrasaos (Figura 1a-i). Las cruzas resultaron estadísticamente diferentes para el % de CMP con 21 II ($F = 9,04, P < 0,001$).

Tabla I. Bivalentes (II) en células madres del polen (CMP): clases, promedios ponderados, porcentaje de células con 21 II y significación de las diferencias de medias entre cruzas.

Cruza	N° Ind.	Bivalentes en CMP						II/CMP x ± ds	% CMP 21 II	
		18	19	20	21	22	Total		x ± ds	Sig ¹ .
Genú x MAGNIF106	12	0	22	49	408	99	578	21,01 ± 0,64	71,0 ± 8,2	a
Tizné x Don Noé	28	13	47	241	877	190	1368	20,87 ± 0,72	65,1 ± 12,0	ab
LF42 x MAGNIF106	10	0	58	70	278	54	460	20,71 ± 0,83	61,0 ± 6,6	b
LF42 x Don Noé	11	0	85	103	332	149	669	20,81 ± 0,92	49,4 ± 10,7	c
Totales	61	13	212	463	1895	492	3075	20,86 ± 0,78	62,8 ± 10,5	

Ref.: Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas.

La cantidad de micronúcleos por microspora, el % de MCM y la significación entre cruzas se muestra en la Tabla II. El $27,4 \pm 15,0$ % de las microsporas presentaron cromatina fuera de los núcleos en telofase II (Figura 1h); el rango de variación de los promedios entre cruzas fue de 14,1 a 44,5 %, coincidiendo con las de mayor y menor porcentaje de CMP con 21 II respectivamente. Las diferencias entre cruzas fueron muy altamente significativas ($F = 8,05$) y el carácter presentó alto coeficiente de variación (54,97 %).

Tabla II. Número de Micronúcleos por Microspora, % de Microsporas con Micronúcleos (% MCM) y significación de la diferencia de medias entre cruzas.

Cruza	N° de microsporas	Micronúcleos por Microspora							% MCM x ± ds	Sig ¹ .
		0	1	2	3	4	=5			
Genú x MAGNIF106	1984	1695	208	68	11	2	0	14,1 ± 6,80	a	
Tizné x Don Noé	5692	4158	1136	328	62	8	0	25,4 ± 13,1	bc	
LF42 x MAGNIF106	1784	1217	329	165	44	21	8	29,4 ± 16,2	bc	
LF42 x Don Noé	2544	1434	766	465	169	35	4	44,5 ± 22,4	c	
TOTAL	12003	8503	2493	1026	286	66	12	27,4 ± 15,0		

Ref.: Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas.

Las cruzas donde intervino MAGNIF 106 INTA presentaron mayor % de CMP con 21 II ($F = 8,99^{**}$) y menor % MCM ($F = 8,54^{**}$) que aquellas con Don Noé INTA. Entre los triticales, se determinaron resultados similares para ambos caracteres en las cruzas que incluyeron Genú UNRC y Tizné-UNRC frente a la LF 42 UNRC. En las comparaciones entre Genú UNRC y Tizné UNRC los valores fueron $F = 17,38^{***}$ y $10,83^{**}$ para % CMP con 21 II, y $F = 16,37^{***}$ y $5,65^*$ para % MCM.

b) Relación entre estabilidad citológica y fertilidad

Los valores promedio de cada cruza para los cinco caracteres, los valores totales, coeficientes de variación (CV %), estimaciones de F y la significación estadística de las diferencias entre cruzas se incluyen en la Tabla III. Las diferencias entre cruzas fueron estadísticamente significativas para todos los caracteres, aunque con distintos niveles. El porcentaje de células euhexaploides fue $62,41 \pm 9,49\%$, con diferencias muy altamente significativas entre cruzas, al igual que el Índice de Fertilidad. El porcentaje de microsporas con micronúcleos tuvo el mayor coeficiente de variación (53 %). En todos los caracteres se verificaron muy altos rangos de variación. La tendencia entre los % de CMP con 21 II, % de MCM e IF se grafican en la Figura 2.

Tabla III. Citología y Fertilidad en tricepiros UN de Río Cuarto. Promedios, desvíos, coeficientes de variación (CV %), valor de F y significación estadística de las diferencias entre cruzas.

Cruza	Carácter				
	% CMP 21 II	% MCM	NGE	NEE	IF
Genú x M106	71,0 ± 8,2 a	14,1 ± 6,8 a	49,2 ± 10,1 a	24,0 ± 3,6 b	2,05 ± 0,17 a
Tizné x DN	64,2 ± 12,0 ab	27,8 ± 14,4 b	45,9 ± 12,8 a	26,7 ± 3,1 ab	1,72 ± 0,32 b
LF42 x M106	58,6 ± 6,3 bc	29,4 ± 16,2 bc	48,2 ± 11,5 a	28,8 ± 2,6 a	1,67 ± 0,36 b
LF42 x DN	51,4 ± 9,2 c	41,9 ± 19,5 c	35,0 ± 11,7 b	23,8 ± 3,6 b	1,47 ± 0,31 b
TOTAL	62,41 ± 9,49	27,15 ± 14,37	44,49 ± 12,28	25,57 ± 3,69	1,74 ± 0,35
CV %	15,21	52,94	7,53	4,21	4,82
F y Sig ¹ .	7,80***	6,53**	2,82*	3,96*	6,66***

Referencias: DN = Trigopiro Don Noé INTA; M106 = Trigopiro MAGNIF 106 INTA; % CMP 21 II = Porcentaje de células madres del polen con 21 bivalentes; % MCM = Porcentaje de Microsporas con Micronúcleos; NGE = número de granos por espiga; NEE = número de espiguillas por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE). Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas.

*, **, *** = significativo al 1%, 5 % y 1 % respectivamente.

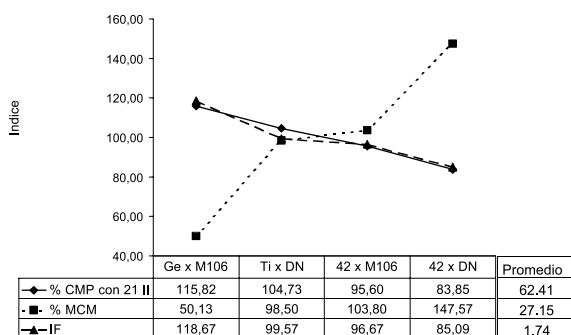


Figura 2. Valores relativos del porcentaje de Células Madres del Polen con 21 II (% CMP con 21 II), de Microsporas Con Micronúcleos (% MCM) e Índice de Fertilidad (IF), asignando valor 100 al promedio de cada carácter. Triticales: (Ge = Genú, Ti = Tizné, 42 = LF 42-UNRC). Trigopiros: (M106 = MAGNIF 106, DN = Don Noé).

Las correlaciones simples tuvieron valores acordes con el resultado anterior. El % de CMP con 21 II y el % de MCM presentaron fuerte asociación negativa ($r = -0,68^{***}$). El Índice de Fertilidad tuvo correlación baja pero significativa con el % de CMP con 21 II ($r = 0,35^*$), y mediana pero negativa con el % de MCM ($r = -0,42^{**}$). Además, se asoció estrechamente con el NGE ($r = 0,83^{**}$).

Discusión

a) Nivel de ploidía y estabilidad citológica

Los triticales empleados son hexaploides; Genú y Tizné-UNRC están registrados como cultivares por la UN de Río Cuarto, mientras que LF 42 UNRC es una línea experimental. Los trigopiros en cambio son octoploides. Don Noé INTA tiene como fuente de *Agropyron* (= *Thinopyrum*) en su constitución a la especie *Thinopyrum ponticum* (sin. *A. elongatum*) o una especie afín, de la que no hay certeza acerca de su nivel de ploidía, mientras que MAGNIF 106 INTA tiene la especie hexaploide *Thinopyrum intermedium* (= *A. trichophorum*).

Las cruzas analizadas constituyen parte de las realizadas con la finalidad de desarrollar germoplasma de tricepiro. En las F₁ se constató alta esterilidad pero se obtuvo semilla F₂. En esa generación se observó amplia segregación para caracteres morfológicos, coincidiendo con las observaciones de Bergés *et al.* (2002). El material segregante tuvo una sola intervención de selección artificial y la selección natural ha operado sobre el mismo sólo durante cuatro generaciones.

Teniendo en cuenta el número básico de las tritíceas vaque el análisis estadístico también reveló diferencias entre cruzas similares a las ya comentadas.

Por otro lado, a partir de las pruebas para diferenciar promedios se deduce una relación inversa entre ambos caracteres citológicos, ya que Genú UNRC x MAGNIF 106 INTA tuvo el más alto porcentaje de células madres del polen con 21 II y el más bajo de microsporas con micronúcleos, mientras que en LF 42 UNRC x Don Noé INTA ocurrió lo contrario. Este resultado coincide con la apreciación de que los micronúcleos tienen origen, al menos en parte, en univalentes u otras anomalías citológicas como ocurre en triticales (Bennett y Kaltsikes, 1973; Thomas y Kaltsikes, 1976; Gupta y Priyadarshan, 1982).

A partir de los recuentos cromosómicos, resulta claro que prevalece el nivel 6x, pero a su vez existe una apreciable cantidad de células madres del polen aneuploides. Puede asegurarse entonces que aún en F7, todas las cruzas tienen inestabilidad meiótica con producción de gametos masculinos aneuploides, y seguramente también femeninos, los que normalmente transmiten las aneuploidías en mucho mayor proporción que los masculinos.

En consecuencia, a pesar de que la inestabilidad meiótica y la fertilidad son fenómenos poco relacionados en generaciones avanzadas como se observara en las líneas JxDN de tricepiro (Ferreira *et al.*, 2001), en generaciones tempranas, donde no han habido fuertes eventos selectivos, puede esperarse que exista relación entre las anormalidades meióticas y la fertilidad como ocurre en trigo x agropiro (Armstrong y McLennan, 1944) y triticales (Hsam y Larter, 1974).

El análisis estadístico de los caracteres reproductivos en la F7 de las cruzas UN de Río Cuarto reveló diferencias significativas entre ellas para los tres caracteres, acentuadas en particular en el Índice de Fertilidad. Además, se observaron grandes diferencias con las líneas JxDN (Ferreira *et al.*, 2001). Así, en las cruzas aquí analizadas, la media de granos por espiga resultó $44,49 \pm 12,28$, la de espiguillas por espiga fue $25,57 \pm 3,69$ y el índice de fertilidad $1,74 \pm 0,35$, mientras que los valores para las líneas JxDN fueron $27,02 \pm 11,13$; $24,75 \pm 3,82$ y $1,06 \pm 0,36$ respectivamente.

Resulta notorio que las diferencias se deben a una mayor cantidad de granos por espiga, la que redundó en mayor índice de fertilidad, ya que el tamaño o la capacidad de la espiga medida por el número de espiguillas es similar o menor en las cruzas UN de Río Cuarto. A partir de ello es posible concluir que alguno de los padres empleados para obtener los tricepiros UN de Río Cuarto, en particular los triticales Genú UNRC y Tizné UNRC, resultaron más aptos para lograr mejor producción de semilla. Por lo tanto, fue posible establecer diferencias citológicas y de fertilidad entre las cruzas y también frente a las líneas JxDN.

Las diferencias constatadas pueden tener varias causas, tanto genéticas como ambientales. Entre las dos más importantes se encuentran las distintas respuestas varietales a la hibridación y el efecto año en el que se realizó el estudio, muy común en la zona subhúmeda y semiárida pampeana. Las primeras son una referencia habitual en fitomejoramiento en tanto

que el segundo origina normalmente interacciones genotipo-ambiente, en particular en este tipo de regiones de alta variación climática, donde la disponibilidad de agua al momento de la diferenciación reproductiva resulta crucial en la definición del rendimiento futuro.

Con respecto a las correlaciones, se verificó fuerte asociación negativa entre porcentaje de células madres del polen con 21 II y el porcentaje de microsporas con micronúcleos ($r = -0,68^{***}$), indicando claramente que a mayor cantidad de células euploides con sinapsis normal se produce menor cantidad de microsporas anormales, coincidiendo con la observación generalizada acerca de que los micronúcleos tienen origen en las anormalidades meióticas (Bennett y Kaltsikes, 1973; Thomas y Kaltsikes, 1976; Gupta y Priyadarshan, 1982).

Sin embargo, el porcentaje de células madres del polen con 21 II no fue determinante del número de granos por espiga dado que la correlación fue no significativa, aunque tiene un leve efecto sobre el índice de fertilidad. Por un lado, esto confirma que la normal formación del grano es el final de una compleja sucesión de procesos donde la regularidad meiótica es sólo una componente inicial. Por otro lado, sugiere que las células madres del polen euploides con asociaciones bivalentes no aseguran suficientes gametos normales con ventajas competitivas al momento de la fecundación. Además, dada la condición poliploide, los gametos aneuploides podrían tener similar capacidad de fecundar que los euploides.

Al considerar la relación entre las microsporas con micronúcleos y los caracteres de espiga, se determinó correlación negativa y baja pero significativa con los granos por espiga, ausencia de correlación con las espiguillas, y un valor negativo y significativo al 5 % con el índice de fertilidad. Por lo tanto, en este material se verificó una situación contraria a la que ocurre con las líneas JxDN y con otros híbridos intergenéricos como *Agroticum*, triticales e incluso trigo (Marshall y Schmidt, 1954; Del Duca y Moraes-Fernandes, 1980; Szpiniak, 1983; Falção *et al.*, 1990), donde hay ausencia de relación entre microsporas anormales y la formación de grano de esa generación.

De acuerdo a los resultados, en estos materiales las anormalidades meióticas inciden sobre la fertilidad y se reflejan mejor a través de las microsporas con micronúcleos que del porcentaje de células madres del

polen con 21 II. Además, si se deseara diferenciar individuos o líneas de mayor estabilidad meiótica con fines de fitomejoramiento, resulta más rápido y simple hacerlo a través del porcentaje de microsporas normales, dada la alta correlación entre éstas y el porcentaje de células madres del polen con 21 II. Por otro lado, las correlaciones entre el índice de fertilidad y sus componentes indican que el número de granos por espiga es el carácter a emplear en la selección, concordando con trabajos anteriores en triticales (Szpiniak, 1983).

La incidencia negativa de las anomalías citológicas sobre la fertilidad encontrada en estas cruzas es contradictoria con los resultados referentes a las líneas JxDN (Ferreira *et al.*, 2001), así como también frente a otros antecedentes en trigo, triticales y *Agroticum*, donde se determinó ausencia de asociación entre ambos caracteres (Marshall y Schmidt, 1954; Del Duca y Moraes-Fernandes, 1980; Szpiniak, 1983; Façao *et al.*, 1990). Tal contradicción puede tener origen en el tipo de material y la generación en que se efectuó el estudio. En los casos citados se trataba de trigo, una especie natural, triticales con historia fitotécnica o líneas de *Agroticum* que luego de varios años de autofecundación exhibían características morfológicas estables.

En el caso de las cruzas UNRC, el material se encontraba en F₇ y prácticamente no tenían historia fitotécnica. Sobre ellas sólo se había realizado selección individual en F₂, la que no se realizó a favor de alta fertilidad sino contra esterilidad, buscando con ello mantener la mayor cantidad posible de germoplasma en desarrollo. Por lo tanto, a diferencia de los casos antes mencionados, el estudio de la asociación entre las anomalías meióticas y fertilidad se realizó tempranamente; este puede ser el motivo del resultado no coincidente con la mayoría de los encontrados en materiales afines como trigo o derivados de hibridaciones entre trigo y centeno o trigo y agropiro.

En conclusión, las cruzas UN de Río Cuarto han perdido rápidamente siete cromosomas, tienen un $2n = 6x = 42$ y en F₇ aún persisten grados variables de inestabilidad cromosómica y pérdida de cromatina. La cruz Genú-UNRC x MAGNIF 106 INTA resultó la más cercana al nivel euhexaploide y hay diferencias genéticas entre los materiales utilizados para formar los tricepiros. El porcentaje de micrósporas anormales tuvo relación inversa con el porcentaje de células madres del polen con 21 II y las cruzas donde intervino

el trigopiro "MAGNIF 106 INTA" presentaron menores disturbios mióticos que aquellas con "Don Noé INTA". Las diferencias entre cruzas para los caracteres reproductivos fueron significativas, acentuándose en el Índice de Fertilidad y se debieron a una mayor cantidad de granos por espiga. El porcentaje de células madres del polen con 21 II no fue determinante del número de granos por espiga aunque tuvo un leve efecto sobre el Índice de fertilidad.

Referencias

- Armstrong, J. M. (1936) Hybridization of *Triticum* and *Agropyron*. I. Crossing results and description of the first generation hybrids. Can. J. Res. Sec. C 14,190-202.
- Armstrong, J. M., McLennan, H. A. (1944) Amphidiploidy in *Triticum* – *Agropyron* hybrids. Scient. Agriculture 24, 285-298.
- Bennett, M. D., Kaltsikes, P. J. (1973) The duration of meiosis in a diploid rye, a tetraploid wheat and the hexaploid triticales derived from them. Can. J. Genet. Cytol. 15, 671-679.
- Bergés, D. E., Cayssials, G. L., Paccapelo, H. A. (2002) Variabilidad fenotípica en las primeras generaciones segregantes de tricepiro (*Triticum* x *Secale* x *Thinopyrum*). Rev. Fac. Agron. UN La Pampa 1(2), 5-22.
- Brizuela, M., Passarotti, J., Cseh, S. (1997) Rendimiento de forraje y valor nutritivo de tricepiro (*Triticum* x *Secale* x *Thinopyrum*) con diferente manejo de defoliación. Rev. Arg. Prod. Animal 17, 385-393.
- Cauderon, Y. (1963) Genome analysis in the genus *Agropyron*. Proc. 2nd. Int. Wheat Genet. Symp., Hereditas (Suppl. 2), 218-234. Lund, Sweden.
- Charpentier, A., Feldman, M., Cauderon, Y. (1988) the effect of different *Agropyron elongatum* chromosomes on pairing in *Agropyron* – common wheat hybrids. Genome 30, 978-983.
- Chen, Q., Conner, R. L., Laroche, A., Thomas, J. B. (1998) Genome analysis of *Thinopyrum intermedium* and *Thinopyrum ponticum* using genomic *in situ* hybridization. Genome 41:580-586.
- Chen, Q., Conner, R. L., Laroche, A., Ji, W. Q.,

- Armstrong, K. C., Fedak, G. (1999) Genomic *in situ* hybridization analysis of *Thinopyrum* chromatin in a wheat-*Th. intermedium* partial amphiploid and six derived chromosome addition lines. *Genome* 42, 1217-1223.
- Covas, G. (1976) Tricepiro, un nuevo verdeo sintético que involucra al trigo, centeno y agropiro. *Inf. Tecnol. Agrop. para la Reg. Semiár. Pampeana*. 68, 5.
 - Covas, G. (1989) Pampa semiárida: nuevos cultivos. *Ciencia Hoy* 1, 75-77.
 - Del Duca, L. J., Moraes-Fernandes, M. I. (1980) Meiotic instability in some Brazilian common wheat cultivars. *Cereal Res. Commun.* 8, 619-625.
 - Dewey, D. (1984) The Genome System of classification as a guide to intergeneric hybridization with the perennial *Triticeae*. *Stadler Genet. Symp.* 16, 209-279.
 - Dvorák, J. (1976) The cytogenetic structure of a 56-chromosome derivative from a cross between *Triticum aestivum* and *Agropyron elongatum* (2n = 70). *Can. J. Genet. Cytol.* 18, 271-279.
 - Dvorák, J. (1980) Homeology between *Agropyron elongatum* chromosomes and *Triticum aestivum* chromosomes. *Can. J. Genet. Cytol.* 22, 237-259.
 - Dvorák, J. (1985) Transfer of salt tolerance from *Elytrigia pontica* (Podp.) Holub. to wheat by the addition of an incomplete *Elytrigia* genome. *Crop Sci.* 21, 306-309.
 - Dvorák, J. (1987) Chromosomal distribution of genes in diploid *Elytrigia elongata* that promote or suppress pairing of wheat homoelogenous chromosomes. *Genome* 29, 34-40.
 - Falção, T. M., Moraes-Fernandes, M. I., Zanettini, M. H. (1990) Genotypic and environmental effects on chromosomal abnormalities in hexaploid triticale grown in southern Brazil and correlation between meiotic behavior and fertility of progenies. *Proc. 2nd Int. Triticale Symp.*, 320-328. Passo Fundo, R.G. do Sul, Brasil.
 - Ferrari, M. R., Greizerstein, E., Naranjo, C. A., Poggio, L. (2003) Reconocimiento del genoma J de *Thinopyrum* en trigopiro Don Noé INTA. *JBAG* 15 Suppl. 2, 88.
 - Ferrari, M. R. (2004) Estudio de la composición genómica de forrajeras mediante técnicas electroforéticas y de citogenética clásica y molecular. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
 - Ferrari, M., Greizerstein, E., Paccapelo, H., Naranjo, C., Cuadrado, A., Jouve, N., Poggio, L. (2005) The genomic composition of Tricepiro, a synthetic forage crop. *Genome* 48, 154-159.
 - Ferreira, V., Szpiniak, B. (1994) Mejoramiento de triticale y tricepiro para forraje en la UN de Río Cuarto. *En: Semillas Forrajeras: producción y mejoramiento: 110-120.* Orient. Gráf. Ed., B. Aires.
 - Ferreira, V., Szpiniak, B., Grassi, E., Croatto, D. (1998) Tricepiros forrajeros [Triticale x (*X Agrotricum*)]: obtención y mejora. *Rev. Arg. Prod. Animal* 18 Supl. 1, 182.
 - Ferreira, V., Szpiniak, B., Grassi, E., Scaldaferrero, M. (2001) Fertilidad en líneas selectas de tricepiro (triticale x trigopiro). *J Basic Appl. Genet.* 14, 15-23.
 - Frecentese, M., Covas, G. (1985) Comportamiento de nuevos verdeos en la región pampeana semiárida. *Inf. de Tecnol. Agrop. para la Reg. Semiár. Pampeana* 84, 6-7.
 - Fradkin, M., Ferrari, M. R., Ferreira, V., Grassi, E., Greizerstein, E. J., Poggio, L. (2006) Estudios citogenéticos en líneas avanzadas de tricepiro mediante técnicas de FISH-GISH. 52° Cong. Brasileiro y 12° Cong. Asoc. Latinoam. de Genética. Foz de Iguazú, Brasil. *Actas en CD arch. pdf* pág. 1117.
 - Gupta, P. K., Priyadarshan, P. M. (1982) Triticale: Present status and future prospects. *Advances in Genetics*, Vol. 21. Academic Press Inc. N. York.
 - Han, F., Fedak, G., Benabdelmouna, A., Armstrong, K., Ouellet, T. (2003) Characterization of six wheat x *Thinopyrum intermedium* derivatives by GISH, RFLP, and multicolor GISH. *Genome* 46, 490-495.
 - Han, F., Liu, B., Fedak, G., Liu, Z. (2004) Genomic constitution and variation in five partial amphiploids of wheat – *Thinopyrum intermedium* as revealed by GISH, multicolor GISH and seed storage protein analysis. *Theor. Appl. Genet.* 109, 1070-1076.

- Horovitz, N. (1969) Mejoramiento de híbridos entre especies de *Triticum* y *Agropyron*. Bol. Genético, Inst. Fitotécnico de INTA Castelar 6, 11-19.
- Hsam, S. L., Larter, E. N. (1974) Effects of inbreeding on triticale selected for two levels of fertility and chiasma frequency. Crop Sci. 14, 213-215.
- INDEC (2002) Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Encuesta Nacional Agropecuaria 2001. Información de prensa 8/2/2002. ISSN 0327-7968. Ministerio de Economía, Buenos Aires.
- Kiss, A. (1966) Kreuzungsversuche mit Triticale. Der Züchter 36, 249-255.
- Li, H., Chen, Q., Conner, R., Guo, B., Zhang, Y., Graf, R., Laroche, A., Jia, X., Liu, Gongshe, Chu, Ch. (2003) Molecular characterization of a wheat – *Thinopyrum ponticum* partial amphiploid and its derivatives for resistance to leaf rust. Genome 46, 906-913.
- Löve, R. M., Suneson, C. A. (1945) Cytogenetics of certain *Triticum-Agropyron* hybrids and their fertile derivatives. Am. J. Bot. 32, 451-456.
- Löve, R. M. (1982) Generic evolution of wheatgrasses. Biol. Zentralbl. 101, 199-212.
- Löve, R. M. (1984) Conspectus of the Triticeae. Feddes Repert. 95, 425-521.
- Marshall, H. G., Schmidt, J. W. (1954) A study of the meiotic stability of certain *Agroticum* hybrids. Agron. J. 46, 383-388.
- Nowacki, E., Aniol, A., Rudnicka, A. (1979) Trigeneric hybrid of *Triticum* x *Agropyron* x *Secale* (TAS). Genet. Polonica 20, 190-196.
- Poggio, L., Ferrari, M. R., Paccapelo, H. A., Greizerstein, E., Jouve, N., Cuadrado, A., Naranjo, C. A. (1997) Tricepiro Don René INTA: su caracterización citogenética (meiosis e hibridación *in situ*) y bioquímica (electroforesis de proteínas seminales). XXVIII Cong. Arg. Genética, Actas, 62. Tucumán, Argentina.
- SAGPyA 2005 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. www.sagpya.mecon.gov.ar. B. Aires, Argentina.
- Sánchez-Monge, E. (1956) Fertility in Triticale. Wheat Inf. Service 3, 29.
- Scoles, G.J., Kaltsikes, P. J. (1974) The cytology and cytogenetics of *Triticale*. Z. Pflanzenzüchtg. 73, 13-43.
- Sears, E. R. (1973) *Agropyron*-wheat transfers induced by homoeologous pairing. Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp., 191-199. Missouri, Columbia.
- Sharma, H. C. (1995) How wide can a wide cross be? Euphytica 82, 43-64.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J. (1981) Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 2nd. Ed., Freeman Co., San Francisco.
- Szpiniak, B. (1983) Relación entre fertilidad e índice meiótico en ocho cultivares de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). Mendeliana 6, 43-52.
- Thomas, J. B., Kaltsikes, P. J. (1976) The genomic origin of the unpaired chromosomes in triticales. Can. J. Genet. Cytol. 18, 687-700.
- Tosso, H., Paccapelo, H. A., Covas, G. F. (2000) Caracterización de las líneas avanzadas de tricepiro. I. Descripción morfológica y citológica. Rev. Inv. Agrop. 29, 39-51.
- Tzitzin, N. V. (1934) The *Triticum* x *Agropyron* hybrids. Plant. Breed. Abstr. 5(1), 24.
- USDA. (1958) Experimental grass wheat hybrids. Agric. Res. 7, 8-9.
- Varughese, G., Barker, T., Saari, E. (1987) Triticale. CIMMYT, México, D.F. 32 pp.
- Verushkine, S., Shechurdine, A. (1933) Hybrids between wheat and couch grass. J. Heredity 24, 329-335.
- Wang, R. R. C., von Bothmer, R., Dvorák, J., Fedak, G., Linde-Laursen, I., Muramatsu, M. (1996) Genome symbols in the *Triticeae* (*Poaceae*). In: Wang, R. R. C., Jensen, K. B., Jaussi, C. (Eds.) *Triticeae*. Proc. 2nd. Int. *Triticeae* Symp., 29-34. Logan, Utah.
- Zhang, X. Y., Li, Z. S., Chen, S. Y. (1992) Production and identification of three 4Ag (4D) substitution lines of *Triticum aestivum* – *Agropyron*: relative transmission rate of alien chromosomes. Theor. Appl. Genet. 83, 707-714.