

INFLUENCIA DEL CITOPLASMA SOBRE LA EXPRESION DEL CENTRO BLANCO Y TEMPERATURA DE GELATINIZACION EN ARROZ (*Oryza sativa*. L.)

Julio E. Holguín V.¹

César P. Martínez R.²

Federico Cuevas P.³

Diosdado Baena G.⁴

COMPENDIO

La investigación se adelantó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) durante 1989 - 1991. No hubo influencia del citoplasma en la expresión del centro blanco y temperatura de gelatinización. El orden de dominancia de los progenitores para el carácter ausencia de centro blanco fue Colombia 1 > IR5 = L6850 > IRAT8. El cultivo *in vitro* influyó sobre la expresión del centro blanco y la temperatura de gelatinización en los progenitores y posiblemente en las poblaciones segregantes. El medio ambiente influyó más sobre los progenitores IR5 y L6850 (y sus progenies). La selección hacia centro blanco bajo parece no ser eficiente en generaciones tempranas, especialmente en el caso de L6850 e IRAT8, en contraste con la mayor eficiencia de la selección por temperatura de gelatinización (heredabilidad alta). Se encontró un alto índice de concordancia (79%), entre la escala 0 a 5 utilizada para calificación subjetiva de centro blanco y el área del grano afectada por centro blanco, (lectura hecha en esteroscopio con micrómetro).

ABSTRACT

A research work was undertaken at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), during 1989-91. There was no maternal effect on the expression of white center and gelatinization temperature but rather different degrees of dominance, the order of dominance was Colombia 1 > IR5 = L6850 > IRAT8; the *in vitro* culture influenced the expression of white belly and the gelatinization temperature in the parents and possibly in their progenies; the influence of the environment was greater on IRAT8 and L6850 (and its progenies); selection for low white belly seemed to be not efficient in early generations; but selection for the desired gelatinization temperature is more efficient (high heritability). With the F3 samples, a subjective evaluation was carried out (zero : endosperm without white belly, and five: completely chalky). There was found a high index of concordance (79%), between the 0-5 scale and the white belly area estimated throughout the use of the stereoscope with a micrometer.

INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa* L.) es parte esencial de la dieta de las dos terceras partes de la población del mundo.

En algunas variedades se presentan áreas opacas en el endospermo llamadas centro blanco o panza blanca las cuales afectan la apariencia del grano de arroz. Los granos translúcidos o cristalinos son los más deseados en la industria arrocera, ya que el consumidor está dispuesto a pagar un precio mayor, por lo que los fitomejoradores ponen particular interés en el desarrollo de variedades libres de centro blanco

(CIAT, 1989a).

Con respecto a la herencia para centro blanco, se afirma que la controla un gen recesivo (Jennings, Coffman y Cauffman, 1981) por poligenes con efecto dominante (Guo *et al*, 1982. Clement y Poisson (1984) atribuyen la ausencia de centro blanco a 2 genes dominantes y a 2 genes modificadores; la heredabilidad es alta y en ella influye el progenitor femenino (Kuo y Liu, 1988; Yum-bi y Zong-Tan, 1988).

A la temperatura de gelatinización los granos de

¹ Estudiante de Posgrado en Producción Vegetal, Universidad Nacional de Colombia -Sede Palmira, A.A. 237 Palmira.

² Fitomejorador, Programa de Arroz, CIAT - Palmira

³ Científico de Enlace, IRRI - CIAT.

⁴ Profesor Asociado, Universidad Nacional - Sede Palmira - A.A. 237 Palmira.

ACTA AGRONOMICA

almidón empiezan a hincharse en forma irreversible; se asocia con el contenido de amilosa, el principal determinante de la calidad culinaria del arroz, con la dureza del grano y el tiempo de cocción (Khush et al., 1979). Varía entre 55 a 79°C y se clasifica en baja (menos de 70°C), intermedia (70 - 74°C) y alta (más de 74°C).

Las temperaturas alta e intermedia se asocian con pocos genes y varios modificadores (Chang y Somrith, 1979), con uno o dos genes mayores con heredabilidad razonablemente alta (Jennings, Coffman y Cauffman, 1981), con un par de genes dominantes con acción génica duplicada y efecto acumulado (Tomar y Nanda, 1985); con control poligénico (Heda y Reddy, 1986) y con control por genes dominantes con efectos aditivos (Hsieh y Wang, 1988).

Los objetivos del trabajo fueron:

- 1- Analizar las causas genéticas y el modo de expresión de los caracteres centro blanco y temperatura de gelatinización.
- 2- Estudiar la influencia materna sobre los componentes de la calidad de la semilla del arroz, especialmente en lo que se refiere a centro blanco y temperatura de gelatinización.
- 3- Determinar la influencia del cultivo in vitro en la expresión del centro blanco.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en el CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) entre noviembre de 1989 y diciembre de 1991. Se escogieron cuatro progenitores (Colombia 1, IR 5, Línea 6850 e IRAT 8) con valores contrastantes para centro blanco y dispersión alcalina, seleccionados a partir de un grupo de variedades utilizadas en un ensayo anterior (CIAT, 1989b).

Se realizaron 12 cruzamientos (directos y recíprocos). La semilla de los progenitores utilizados en los cruzamientos sirvió como

testigo en las generaciones F1 y F2. Además, se utilizaron como testigos en F2 plantas provenientes de embriones para cada progenitor.

El procedimiento se resume a continuación:

1. Obtención de la semilla F1.

El método para efectuar los cruzamientos se describe en Sarkarung (1991). Muestras de semilla F1 (6 granos/cruce) se evaluaron para centro blanco y temperatura de gelatinización.

2. Obtención de la generación F2.

Los cruces y los progenitores se sembraron en parcelas individuales distribuidas al azar. Cada parcela estuvo conformada por 16 plantas. La cosecha se efectuó en forma individual para las cuatro plantas centrales de cada parcela; el total de semillas por cruce osciló entre 576 y 672. Para los progenitores se tomaron entre 616 y 864 semillas. La diferencia en el número de semillas obedeció a la respuesta de cada genotipo respecto a la germinación de sus embriones en el medio in vitro.

En la semilla F2 se hicieron dos tipos de evaluación:

i) Evaluación del centro blanco

Se midió el largo y ancho del grano y del centro blanco (si lo tenía), se calcularon las variables: área del grano, área del centro blanco y la relación (100 área grano / área centro blanco).

ii) Evaluación de la temperatura de gelatinización (dispersión alcalina).

Se estimó indirectamente mediante el grado de dispersión y clarificación del grano de arroz, siguiendo la metodología utilizada por el IRRI (1979) y adaptada por el laboratorio de Calidad del Programa de Arroz del CIAT (Jennings et al., 1981; CIAT, 1989a).

3. Obtención de la F3

Cuando los embriones sembrados in vitro formaron la primera hoja, se trasplantaron a bandejas en invernadero y luego al campo en un diseño completamente al azar con tres

repeticiones y 20 tratamientos (12 cruces, 4 progenitores provenientes de embriones y 4 progenitores provenientes de semilla). Se trasplantaron dos surcos por cruce o progenitor, distanciados 0.3 m entre surcos y 0.6 m entre pares de surcos adyacentes. Se evaluaron 100 plantas (10 semillas por planta), para cada cultivar.

Los datos para las variables de respuesta centro blanco y dispersión alcalina se agregaron en 9 y 6 categorías respectivamente; se hizo una tabla de frecuencias y un análisis funcional de varianza. La heredabilidad se estimó indirectamente como un índice de similitud que expresa el grado de semejanza entre cruces (progenies) con respecto a sus progenitores (progenitor medio).

Se estimaron las distancias D_{12} entre progenitores utilizando la expresión:

$$D_{12} = \Sigma (P_{1i} - P_{2i})^2$$

donde P_1 y P_2 son las probabilidades de ausencia de centro blanco estimadas para cada categoría (i) de respuesta. Las distancias $D_{c_{12}}$ y $D_{c_{21}}$ entre progenitores y sus respectivos cruces (directo o recíproco) se estimaron a partir de las expresiones:

$$D_{c_{12}} = \Sigma (P_{1i} - C_{12i})^2$$

$$D_{c_{21}} = \Sigma (P_{1i} - C_{21i})^2$$

donde P_1 es la posibilidad de ausencia del centro blanco en el progenitor 1, C_{12} es la probabilidad en el cruce directo y C_{21} es la probabilidad en el cruce recíproco. Se utilizó la expresión:

$$(1 - D_{c_{12}} / D_{12}) \times 100\%$$

para estimar el grado de semejanza entre progenitores y cruces, lo mismo que el tipo de acción génica predominante en cada progenitor (dominancia, codominancia y sobredominancia) para el carácter ausencia de centro blanco (Anderberg, 1973).

Se calcularon valores de Chi-cuadrado para medir la bondad de ajuste entre las probabilidades de ausencia de centro blanco en cada progenitor y la de sus respectivos cruces (uno a uno). El cociente entre los valores Chi-cuadrado asociados con los progenitores que dieron origen a un cruce (y su recíproco), sigue una distribución F-Fisher, criterio utilizado para probar la hipótesis H_0 : Los dos progenitores exhiben el mismo grado de dominancia (Codominancia) en la expresión del rasgo ausencia de centro blanco. Si la F_c toma un valor aproximado a 1 se acepta H_0 ; si es menor que 1 ($F_c < 1$), entonces existe dominancia del progenitor 1 y si es mayor que 1 ($F_c > 1$), la dominancia está asociada al progenitor 2.

Las expresiones utilizadas para el cálculo del parecido entre progenitor y progenies (heredabilidad), fueron:

$$h^2 = 1 - (\Sigma (P_{1i} - C_{12i})^2 / \Sigma (P_{1i} - P_{2i})^2) \times 100\%$$

(para el progenitor 1).

$$h^2 = 1 - (\Sigma (P_{2i} - C_{12i})^2 / \Sigma (P_{1i} - P_{2i})^2) \times 100\%$$

(para el progenitor 2).

Con el fin de evaluar el efecto de la siembra de embriones en medio sólido sobre la expresión de centro blanco se hizo un análisis comparativo de las lecturas efectuadas en las muestras F3 de semilla cosechada en plantas F2 logradas por siembra de embriones v.s. semilla cosechada en plantas obtenidas por vía sexual.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto del ambiente sobre la expresión del Centro blanco.

El comportamiento de los progenitores COLOMBIA 1 e IRAT 8 tuvo la misma tendencia en los dos semestres; IR5 presentó mas centro blanco que L6850 en el segundo semestre (en el primero sucedió lo contrario). Esto sugiere que el medio ambiente influye de manera significativa en la expresión del centro blanco, especialmente en el caso de IR5 y L6850, lo cual puede incidir en forma determinante sobre el comportamiento de las

ACTA AGRONOMICA

progenies de los cruces en los cuales intervienen. Este comportamiento se pudo deber a los cambios de temperatura.

Tipo de acción génica que controla la expresión del centro blanco.

La dominancia de Colombia 1 (sin centro blanco) sobre los otros progenitores se hizo evidente en las generaciones F1, F2 y F3 provenientes de cruces directos y recíprocos con este parental.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de padres v.s. generaciones F2 y F3, los progenitores se pueden colocar en el siguiente orden de dominancia con respecto a la ausencia de centro blanco: Colombia 1 > IR5 = L6850 > IRAT8. Este resultado coincide con las investigaciones efectuadas por Clement y Poisson (1984), quienes encontraron que el endospermo sin centro blanco fue dominante sobre el endospermo opaco. En la F1 de los cruces entre los parentales IRAT8 y L6850, se observaron niveles variables de centro blanco.

Herencia citoplasmática sobre la expresión de centro blanco.

No se detectó influencia citoplasmática sobre la presencia o ausencia de centro blanco según la prueba de contrastes entre híbridos y recíprocos hechas con base en los resultados logrados en la F2 y en la F3 (excepto para Colombia 1/L6850 en F3). Algunos investigadores (Kuo y Liu, 1988; Yun-Bi y Zong-Tan, 1988) reportan influencia materna en la expresión del centro blanco.

Comportamiento del centro blanco en progenitores provenientes del cultivo de embriones o de semilla.

Los progenitores Colombia 1 e IRAT5 presentaron respuesta similar a centro blanco, tanto en plantas provenientes de cultivo de embriones como en las obtenidas por semilla. Por el contrario, los progenitores L6850 e IRAT8, mostraron diferencias altamente significativas en el comportamiento.

En general las plantas provenientes del cultivo in

vitro exhibieron menos centro blanco que las provenientes de semilla. Parece ser que el medio sólido utilizado en la siembra in vitro, afecta la expresión del centro blanco en el grano de arroz dependiendo del genotipo empleado.

Heredabilidad estimada con base en el parecido entre progenitores y cruces.

Colombia 1 influye de manera acentuada en los cruces donde está involucrado (dominancia confirmada por $F_c < 1$), ya sea como padre o como madre; Colombia 1 presenta un comportamiento estable con respecto a sus progenies, tanto en cruzamientos donde participa con progenitores inestables para centro blanco (IR5 y L6850) como en cruzamientos con progenitores con alto centro blanco (Cuadro 1).

Dispersión Alcalina.

En los cruces donde intervino Colombia 1 como padre o como madre, se obtuvieron progenies con temperatura de gelatinización intermedia o baja, en contraste con la temperatura alta que exhibe Colombia 1. Los resultados obtenidos por Chang y Somrith (1979), y Tomar y Nanda (1985), indican que la temperatura de gelatinización alta es dominante sobre la baja; además Hsieh y Wang (1988) atribuyen la temperatura alta al control por genes dominantes con efectos aditivos. Por lo tanto, si la temperatura alta no es un carácter dominante en el cultivar Colombia 1, es un genotipo de interés para los programas de Mejoramiento Genético. Considerando además los resultados obtenidos en la F2 y F3, se podría concluir que son factibles los siguientes eventos: Cruces entre Colombia 1 (Temperatura de gelatinización alta: TGA) x IR5 (Temperatura de gelatinización intermedia: TGI), producen alto porcentaje de segregantes con temperatura de gelatinización intermedia; en cruces de Colombia 1 (TGA) x L6850 (TGI) la mayoría de las progenies presentan temperatura intermedia; la mayoría de las progenies del cruzamiento entre Colombia 1 (TGA) x IRAT8 (Temperatura de gelatinización baja: TGB), presentan temperatura de gelatinización intermedia. Casos similares fueron reportados por Chang y Somrith, (1979) y casos diferentes

ACTA AGRONOMICA

CUADRO 1. Heredabilidad (Distancia (%)) entre progenitores y progenies) para la variable centro blanco

Progenitor vs cruzamiento	Generación			
	h ²	Fc	h ²	Fc
Colombia 1 vs Colombia 1/IR5	95	0.08	95	0.08
IR5 vs Colombia 1/IR5	40		40	
Colombia 1 vs IR5/Colombia 1	79	0.66	98	0.01
IR5 vs IR5/Colombia 1	69		22	
Colombia 1 vs Colombia 1/L6850	98	0.02	100	0.00
L6850 vs Colombia 1/L6850	22		7	
Colombia 1 vs L6850/Colombia 1	98	0.03	100	0.00
L6850 vs L6850/Colombia 1	27		7	
Colombia 1 vs Colombia 1/IRAT8	98	0.02	95	0.08
IRAT8 vs Colombia 1/IRAT8	24		39	
Colombia 1 vs IRAT8/Colombia 1	96	0.05	98	0.02
IRAT8 vs IRAT8/Colombia 1	31		23	
IR5 vs IR5/L6850	35	0.21	-35	44.75
L6850 vs IR5/L6850	-206		97	
IR5 vs L6850/IR5	45	0.19	48	6.30
L6850 vs L6850/IR5	-185		92	
IR5 vs IR5/IRAT8	98	0.02	0	0.00
IRAT8 vs IR5/IRAT8	19		100	
IR5 vs IRAT8/IR5	97	0.03	38	12.71
IRAT8 vs IRAT8/IR5	25		95	
L6850 vs L6850/IRAT8	-544	2.41	-26	46.8
IRAT8 vs L6850/IRAT8	-167		97	
L6850 vs IRAT8/L6850	-1433	0.70	62	2.24
IRAT8 vs IRAT8/L6850	-2089		83	

por Hsieh y Wang, (1988) y Tomar y Nanda, (1985). Por otra parte, de acuerdo en el análisis de contrastes para todos los cruzamientos con Colombia 1, no se detectó efecto materno.

Las progenies de los cruzamientos IR5 (TGI) x L6850 (TGI), presentaron temperatura de gelatinización intermedia condición deseable para mejoramiento genético. La presencia de progenies con temperaturas alta y baja sugiere la acción de genes modificadores.

En los cruces IR5/IRAT8 e IRAT8/IR5 la mayoría de las segregantes son deseables por su temperatura intermedia de gelatinización.

En los cruces L6850/IRAT8 e IRAT8/L6850 la temperatura baja se manifestó como dominante, aspecto importante desde el punto de vista del mejoramiento genético de la calidad culinaria del arroz. Las progenies resultantes presentaron temperaturas intermedia y baja, condiciones preferidas por los consumidores, en especial la intermedia. En estos cruces no se detectó influencia citoplasmática sobre el carácter temperatura de gelatinización.

La temperatura de gelatinización, es un carácter con alta heredabilidad (Cuadro 2), lo que facilita la selección de materiales con la temperatura deseada desde generaciones tempranas, garantizando una selección más eficiente de

ACTA AGRONOMICA

CUADRO 2. Heredabilidad (%) para la variable dispersión alcalina, con base en progenitores vs progenie en cada generación.

Cruzamiento	Generación			
	F2	Fc	F3	Fc
Colombia 1 vs Colombia 1/IR5	83	0.35	37	11.25
IR5 vs Colombia 1/IR5	52		94	
Colombia 1 vs IR5/Colombia 1	98	0.02	37	11.25
IR5 vs IR5/Colombia 1	19		94	
Colombia 1 vs Colombia 1/L6850	96	0.05	37	8.47
L6850 vs Colombia 1/L6850	19		92	
Colombia 1 vs L6850/Colombia 1	99	0.01	50	3.76
L6850 vs L6850/Colombia 1	11		87	
Colombia 1 vs Colombia 1/IRAT8	71	0.43	37	2.62
IRAT8 vs Colombia 1/IRAT8	33		76	
Colombia 1 vs IRAT8/Colombia 1	71	0.43	37	2.65
IRAT8 vs IRAT8/Colombia 1	32		76	
IR5 vs IR5/L6850	97	0.01	-362	2.92
L6850 vs IR5/L6850	-29		-58	
IR5 vs L6850/IR5	74	0.12	34	9.28
L6850 vs L6850/IR5	-111		93	
IR5 vs IR5/IRAT8	93	0.04	83	0.41
IRAT8 vs IR5/IRAT8	-50		58	
IR5 vs IRAT8/IR5	99	0.00	62	2.13
IRAT8 vs IRAT8/IR5	14		82	
L6850 vs L6850/IRAT8	-320	0.48	98	0.31
IRAT8 vs L6850/IRAT8	-775		26	
L6850 vs IRAT8/L6850	-290	0.46	99	0.01
IRAT8 vs IRAT8/L6850	-735		17	

líneas; sin embargo, el comportamiento de algunas poblaciones indica que el medio ambiente puede modificar las proporciones obtenidas.

Con relación al comportamiento de la dispersión alcalina en progenitores provenientes del cultivo de embriones o de semilla, no se detectaron diferencias significativas entre sistemas de siembra en el caso de Colombia 1 e IRAT8; mientras que en IR5 y L6850 las diferencias fueron significativas; esto sugiere que la influencia del cultivo *in vitro* varía, dependiendo

del genotipo.

El análisis comparativo entre los métodos subjetivo (escala cualitativa) y objetivo (uso de esteroscopio con micrómetro) para la evaluación del centro blanco en el grano de arroz, arrojó un índice de concordancia (correlación) entre los dos procedimientos del 79%. Esto significa que la calificación subjetiva arroja resultados confiables, más aún si se emplea personal debidamente entrenado.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERBERG, M. Cluster analysis for applications. New York : Academic Press, 1973. 735p. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. CIAT, Palmira, 1989a. p.75
- CIAT. Studies on the effectiveness of white belly selection in segregation populations. Annual Report 1989b.
- CLEMENT, G. and POISSON, C. Etude de l'heredite de la translucidite chez cinq varietese riz (Oryza sativa): Applications pratiques en selection. Agronomie Tropicale. 39:33. p. 243-251. 1984.
- CHANG, T. T. and SOMRITH, B. Genetic studies on the grain quality of rice. In : IRRI Chemical aspects of rice grain quality. Los Baños, 1979. p. 49.
- GUO, ER-NAN. et al. Studies on inheritance of white belly kernel of Keng rice (Oryza sativa subsp. Keng). The Jiangsu Academy of Agricultural Sciences No. 6. p. 611. 1982.
- HEDA, G. D. and REDDY, G. M. Studies on the inheritance of amilose content and gelatinization temperature in rice (Oryza sativa L.). Genética Agraria. 40:1, 1 - 8. (In: Rice Abstracts. 1986. 9:6. p. 261).
- HSIEH, S. C. and WANG, L. H. Genetical studies on grain quality in rice. In Rice Grain Quality. Taichung District Agricultural Improvement Station, 1988. p. 117-136.
- IRRI. Chemical aspects of rice grain quality. Los Baños, 1979. p.390
- JENNINGS, P. R. ; COFFMAN, W. R. y CAUFFMAN, H. E. Mejoramiento de arroz. Cali : CIAT, 1981. p. 273.
- KHUSH, G. S. ; PAULE, C. M. and DE LA CRUZ, N. M. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. In IRRI Chemical aspects of rice grain quality. Los Baños, 1979. p.159.
- KUO, Y. C. and LIU, C. Inheritance of chalkiness of rice endosperm. Taiwan : Taichung District Agricultural Improvement Station, 1988. p. 153-163.
- SARKARUNG, SURAPONG. Método modificado de cruzamientos de arroz : manual. Cali : CIAT, 1991. p.vi,32.
- TOMAR, J. B. and NANDA, J. S. Genetics of gelatinization temperature and its association with protein in rice (Oryza sativa L.). Zeitschrift-fur-Pflanzenzuchtung. 94:2, 89 - 100. (In : Rice Abstracts. 1986. 9:5. p. 215. p. 109 - 115. 1986. 10:1. p. 1).
- YUM-BI, XU. and ZONG, T. S. Maternal effect on chalkiness in rice kernels. China Rice Genetics Newsletter. Vol. 5. 1988.