

RESPUESTA DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) A LA APLICACIÓN DE DOSIS DE IRRADIACION GAMMA ^{60}Co

Jorge Salcedo Aceves*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatepec. Km 0.5 Carr. Zacatepec- Galeana S/N. Col. IMSS, C.P. 62780, Zacatepec, Morelos.

Correo-e: salcedo.jorge@inifap.gob.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

En el año de 1988 el programa de arroz del Campo Experimental de Zacatepec, inicio el desarrollo de variedades de arroz de porte bajo y grano calidad Morelos por inducción de mutaciones. El propósito de este trabajo fue determinar el efecto en la altura de la planta, en la longitud de la raíz y el rendimiento de cinco dosis de irradiación gamma ^{60}Co : 0, 20, 25, 30 y 35 krad. El experimento se realizó en el ciclo primavera verano de 1988. Se utilizo un arreglo en parcelas divididas el cual se estableció en un diseño de tratamientos completamente al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas principales estuvieron ocupadas por las variedades de arroz y las sub-parcelas por las diferentes dosis de irradiación. Los resultados mostraron que las variedades de arroz Morelos A-98 y Morelos A-92 aumentaron la altura de planta y acortaron la longitud de su raíz a medida que se aumentaron las dosis de

irradiación. El rendimiento de grano de las dos variedades disminuyo al aumentar la dosis de irradiación. En la variedad Morelos A-92 las dosis de irradiación entre 25 y 35 krad originaron mutantes de porte bajo en la generación M_2 , mientras que para la variedad Morelos A-98 no se observó la presencia de mutantes.

Palabras clave: Arroz, variedad, mutaciones, irradiación, gamma.

ABSTRACT

In 1988 the rice program at the Zacatepec Experimental Station, started through mutation breeding the development of the short plant and Morelos grain quality rice varieties. The purpose of this study was to determine the effect of the five gamma ^{60}Co radiation doses: 0, 20, 25, 30 and 35 krad in plant height, root length and grain yield of two rice varieties. The experiment was conducted during the 1988 spring-summer cycle. A split plot design was used in a randomized complete design with four

repetitions. Main parcels were established based on the rice varieties; sub-parcels were the different radiation doses. Results indicated that the Morelos A-98 and Morelos A-92 rice varieties increased the plant height and shortened the root length in accordance with radiation doses increased. The grain yield of both varieties decreased with radiation doses increased. For the Morelos A-92 variety, between 25 and 35 krad radiation rates caused short plant mutants in M_2 generation, while there were no mutants for the Morelos A-98 rice variety.

Keywords: *Rice, variety, mutation, radiation, gamma.*

INTRODUCCIÓN

En el estado de Morelos, en el sistema de producción de arroz por trasplante, las actividades de establecimiento del almácigo, aborde, trasplante y cosecha manuales, representan hasta el 50% del costo total del cultivo, este factor junto con el aumento en el precio de los insumos están influyendo en la disminución gradual de la superficie que se cultiva con arroz. La siembra directa en surcos con riegos de auxilio, se plantea como una alternativa viable que permite un ahorro de un 20 a 30% en el costo de producción pero requiere de variedades resistentes al acame. En 1998 se inicio el desarrollo de variedades de porte bajo y grano "calidad Morelos" para su cultivo en siembra directa por el método de inducción de mutaciones utilizando radiaciones gamma ^{60}Co .

Las radiaciones ionizantes son un instrumento valioso para alterar el genoma; su utilización en el fitomejoramiento permite obtener nuevas formas frecuentemente reduciendo el tiempo para obtenerlas con respecto a los métodos convencionales. Estos radiomutantes permiten incrementar las reservas genéticas de los bancos de germoplasma y pueden ser usados en programas de mejoramiento. Por esto la

radioinducción de mutaciones es una técnica auxiliar de reconocida utilidad en el mejoramiento de plantas (Sigurbjornsson y La Chance, 1987).

Los resultados exitosos obtenidos por diversos investigadores demuestra que la radioinducción de mutaciones puede ser muy útil para obtener variedades mejoradas de arroz, con alta productividad y resistencia a factores bióticos y abióticos; con la ventaja de que esta técnica permite acortar los periodos de selección, y aportar nuevos genes que no estén restringidos a la constitución genética de los progenitores. El propósito del presente trabajo fue Inducir variabilidad a través de mutaciones para obtener nuevas combinaciones genéticas en menos tiempo con relación a los métodos convencionales y determinar cómo afecta la dosis de irradiación la longitud de la raíz y la altura de planta así como el rendimiento de las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 para seleccionar mutantes de porte bajo resistentes al acame.

MATERIALES Y MÉTODOS

La generación M_1 se obtuvo irradiado 200 g de semilla de las variedades comerciales de arroz Morelos A-92 y Morelos A-98 con las siguientes dosis de rayos gamma ^{60}Co : 0, 20, 25, 30 y 35 kilorad (krad). La radiación se aplicó en la fuente Gammacell 220 del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental de Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La siembra de la generación M_1 se hizo dos días después de haberse irradiado las semillas y en la etapa de maduración del grano la cosecha se realizó masivamente en ambas variedades.

La generación M_2 se obtuvo sembrando la generación M_1 en almácigo en donde las plántulas desarrollaron los primeros 45 días, posteriormente se

trasplantaron en el campo a una distancia de 25 cm entre plantas en donde las plantas permanecieron hasta la cosecha. Para el estudio del efecto de la irradiación en la longitud de la raíz y la altura de planta se tomó una muestra de 50 plantas a las cuales se les midieron ambas características. A los valores obtenidos se les determinó la media y su desviación estándar para calcular la diferencia mínima significativa con un $\alpha = 0.05$ de probabilidad, valor que se utilizó para comparar la diferencia significativa real entre pares de medias de tratamientos.

A la cosecha se identificaron posibles mutantes de los cuales se seleccionó una panícula por planta para el subsecuente avance generacional. Para evaluar el rendimiento se utilizó un diseño de tratamientos completamente al azar con cuatro repeticiones en arreglo de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron las variedades y las parcelas chicas las dosis de irradiación. La separación de medias se hizo por medio de la prueba de Tukey al 0.05

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de las plantas de la variedad de arroz Morelos A-98 fue mayor a medida que aumentó la dosis de irradiación alcanzando los 45 y 46 cm de altura cuando las dosis aplicadas fueron de 30 y 35 krad con diferencias de 5.5 y 6.9 cm respecto al testigo sin irradiar. Las diferencias no fueron significativas para las dosis de 0, 20 y 25 krad.

La longitud de la raíz disminuyó ligeramente cuando la dosis de irradiación fue de 20 krad, lo contrario ocurrió cuando la dosis fue de 25 y 30 krad, observándose un aumento de 0.74 y 1.97 cm con respecto al testigo respectivamente. Cuando se irradió con 35 krad el aumento en la longitud de la raíz fue insignificante. El comportamiento de esta variable es muy semejante al de altura de planta para las

dosis de 25 y 30 krad lo que hace suponer que existe una relación directa entre ambas características ya que fueron afectadas en forma semejante (Cuadro 1). Sin embargo en la población M_2 , no se detectó la presencia de mutantes de interés agronómico para altura de planta. Deus *et al.* (1998) con el propósito de obtener fuentes de semienanismo en las variedades de arroz Basmati 370 y Gloria irradiaron semillas con 20 y 30 Krad en una fuente gamma ^{60}Co y encontraron que las variedades no fueron igualmente afectadas para las mismas dosis de irradiación.

Las plantas de la variedad Morelos A-92, aumentaron su altura en 4.5 y 3.7 cm en comparación con el testigo cuando las dosis de irradiación aplicadas fueron de 20 y 35 krad. Lo contrario ocurrió cuando las dosis fueron de 25 y 30 krad, puesto que se observó una disminución en la altura de las plantas debido a que las poblaciones empezaron a mostrar mutantes de porte bajo. En la misma variedad la longitud de la raíz presentó un ligero incremento cuando la dosis de irradiación fue de 20 krad, aunque este no fue significativo. Las dosis de 25 y 35 krad afectaron negativamente la longitud de la raíz en 1.6 y 1.8 cm con respecto al testigo y para la dosis de 30 krad el efecto fue insignificante. Con excepción de la dosis de 20 krad, el efecto de la irradiación para las dosis de 25, 30 y 35 krad, fue el mismo para las variables altura de planta y longitud de la raíz lo que hace suponer que cualquiera de las dos variables son igualmente importantes para ser utilizadas como criterios de radiosensibilidad en etapas tempranas del desarrollo de las plantas (Cuadro 2). En ambas variedades se nota cierta tendencia a un aumento en la altura de planta a medida que se incrementa la dosis de irradiación, lo cual se puede explicar debido a que las dosis aplicadas no fueron letales para afectar vigor de las plantas. Kihupi (1972) utilizando una fuente de ^{60}Co , irradió semillas de arroz con dosis entre 15 y 30 krad y reporta que en la generación M_2 las plantas mutantes fueron un poco más altas

que sus progenitores. Para la variedad Morelos A-92 en la generación M_2 se observó la presencia de mutantes de porte bajo en poblaciones de plantas que se originaron de semillas irradiadas con dosis de rayos gamma entre 25 y 35 krad. Este resultado coincide con Sathyanarayanaiah (1989) cuando menciona que los mutantes dominantes se manifiestan en la generación M_1 , mientras que los recesivos en la progenie de la generación M_2 .

Los resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano muestran que el rendimiento de la variedad Morelos A-98 fue diferente al de la variedad Morelos A-92 y que cada una de las variedades disminuyó su rendimiento a medida que se incrementó la dosis de irradiación. La significancia de la interacción se refiere a que cada variedad respondió de forma diferente a cada una de las dosis de irradiación aplicada (Cuadro 3).

Cuadro 1. Altura de planta y longitud de raíz en centímetros en plantas de 45 días después de la siembra del almácigo de semillas sometidas a diferentes dosis de irradiación gamma ^{60}Co . Variedad Morelos A-98.

Dosis	Altura de planta	Sx	T α	DMS	D $_o$ -D $_j$
D $_o$	39.48				
D $_{20}$	41.23	1.027	2.010	2.064	1.744 NS
D $_{25}$	40.65	0.966		1.941	1.162 NS
D $_{30}$	44.93	0.983		1.976	5.448 *
D $_{35}$	46.36	0.944		1.899	6.872 *
Dosis	Longitud de raíz	Sx	T α	DMS	D $_o$ -D $_j$
D $_o$	7.63				
D $_{20}$	6.63	0.286	2.010	0.576	-0.728 *
D $_{25}$	8.11	0.385		0.774	0.748 NS
D $_{30}$	9.34	0.432		0.868	1.976 *
D $_{35}$	7.58	0.328		0.660	0.220 NS

$\alpha = 0.05$

Cuadro 2. Altura de planta y longitud de raíz en centímetros en plantas de 45 días después de la siembra del almácigo de semillas sometidas a diferentes dosis de irradiación gamma ^{60}Co . Variedad Morelos A-92.

Dosis	Altura de planta	Sx	T α	DMS	D $_o$ -D $_j$
D $_o$	38.55				
D $_{20}$	43.09	1.368	2.010	2.751	4.542 *
D $_{25}$	35.47	1.233		2.479	-3.078 *
D $_{30}$	37.85	1.154		2.320	-0.696 NS
D $_{35}$	42.29	1.217		2.466	3.746 *
Dosis	Longitud de raíz	Sx	T α	DMS	D $_o$ -D $_j$
D $_o$	8.42				
D $_{20}$	8.54	0.477	2.010	0.898	0.128 NS
D $_{25}$	6.79	0.368		0.737	-1.622 *
D $_{30}$	8.26	0.358		0.720	-0.160 NS
D $_{35}$	6.61	0.360		0.723	-1.810 *

$\alpha = 0.05$

Para las mismas dosis de irradiación el rendimiento de la variedad Morelos A-92, fue menor que el rendimiento de la variedad Morelos A-98, incluyendo al tratamiento testigo. En la variedad Morelos A-98, las diferencias en rendimiento de grano entre el testigo y las medias de rendimiento de los tratamientos de 20, 25, 30 y 35 krad fueron significativas, no así para las dosis de 25, 30 y 35 krad. En la variedad Morelos A-92, el testigo sin tratar presentó el rendimiento más alto y significativamente diferente a los demás. El efecto en el rendimiento de las dosis de radiación de 20, 25 y 30 krad fue el

mismo y significativamente diferente a 35 krad el cual presentó el rendimiento más bajo (Cuadro 4). Para ambas variedades el rendimiento decreció a medida que aumentó la dosis de irradiación, lo cual se explica por un mayor porcentaje de grano que no alcanzo a llenar, siendo más marcada esta respuesta en la variedad Morelos A-92. Este resultado coincide con los obtenidos por Deus *et al.* (1991) al irradiar semillas de la variedad J-104 con dosis entre 20 y 30 krad en una fuente gamma de ^{60}Co .

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de grano de las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 de semillas sometidas a diferentes dosis de irradiación gamma ^{60}Co .

Fuente de Variación	G.L	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
Repeticiones	3	1575048.26	5250162.42	5.35
Variedades (A)	1	63185613.30	63185313.30	64.50**
Error(a)	3	38701.12	979567.04	
Dosis de irradiación (B)	4	527218455.33	31804613.83	117.10*
AxB	4	10199486.94	2549871.73	2.26*
Error (b)	24	27011561.01	1125481.70	
Total	39	646304305.00		

C.V= 11.29%

Cuadro 4. Rendimiento de dos variedades de arroz de semillas sometidas a diferentes dosis de irradiación gamma ^{60}Co .

Variedad	Dosis (krad)	Rendimiento Kg/ha	
Morelos A-98	0	17877	A
	20	11203	C
	25	8495	D
	30	7740	DE
	35	7944	DE
Morelos A-92	0	14634	B
	20	8205	D
	25	7255	DE
	30	6360	E
	35	4236	F

Letras iguales indican que los rendimientos no son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$)

CONCLUSIONES

En las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 se observó una reducción de la longitud de la raíz y un aumento en la altura de planta al aumentar la dosis de irradiación. Cualquiera de las características se puede utilizar para determinar en generaciones tempranas la dosis de irradiación que afecta los genes induciendo mutaciones en las plantas de arroz.

El rendimiento de las variedades disminuyó a medida que se incrementó la dosis de irradiación y la respuesta fue diferente a cada una de las dosis aplicadas. La Variedad Morelos A-92 presentó

rendimientos más bajos que la variedad Morelos A-98.

Las plantas mutantes de porte bajo se presentaron en la variedad Morelos A-92 en poblaciones de la generación M_2 cuyas semillas fueron irradiadas con dosis entre 25 y 35 krad. En la variedad Morelos A-98 no hubo mutantes de interés agronómico para las dosis de irradiación aplicadas.

LITERATURA CITADA

Deus, J. E., Leyva, A.V. y Pérez, A.V. 1991. Empleo de la inducción de mutaciones y el cultivo de tejidos en el programa de mejoramiento del arroz *Oryza sativa* L., de Cuba. Plant Mutation Breeding for Crop Improvement. International Atomic Energy Agency. Vienna. Vol. 2. 445-461.

Deus, *et al.*, 1998. Obtención de Fuentes de semianismo en arroz con diferente citoplasma. Variedades Basmati y Gloria. Instituto de Investigaciones de arroz. Centro de Estudios Aplicado al Desarrollo Nuclear (CITMA). Cuba. 1º Encuentro Internacional del Arroz. p 167.

Donini, B., T. Kawai, and A. Micke. 1984. Spectrum of mutant characters utilized in developing improved cultivars. In: Selection in Mutation Breeding (Proc. Consultants Meeting). Vienna. 1982. International Atomic Energy Agency. Vienna. pp. 7-31.

Gonzalez, L.M., 1966. Altering association between characters in rice through gamma radiations. International Rice Research Notes. 21:1.

Kihupi, H.N., 1984. Utilization of induced mutants for rice improvement in Tanzania. Cereal grain protein improvement. International Atomic Energy Agency. Vienna. pp. 81-86

Mulato, B. J., y Cervantes, S. T. 1989. Selección para número de espiguillas por espiga en compuestos de cebada obtenidos por irradiación recurrente de semilla. II Seminario Nacional. Uso de la irradiación en fitomejoramiento. pp 147-157.

Sathyanarayanaiah, K., 1989. Que hacer y qué no hacer en el fitomejoramiento con mutaciones. II Seminario Nacional. Uso de la irradiación en fitomejoramiento. pp 99-109.

Sigurdjonsoon, B. and L.E., La Chance. 1997. The International Atomic Energy Agency and the green revolution. IAEA. Bulletin 29(3):38-42

Suarez, E., *et al.*, 1988. Obtención de mutantes de arroz *Oryza sativa* L., insensibles al fotoperiodo. Instituto de Investigaciones del Arroz. Cuba, 1º Encuentro Internacional del Arroz. p 172.