

Ing. Federico Foey, Jr. (x)

INTRODUCCION:

El efecto de los genes Opaco-2 y Harinoso-2 en aumentar la calidad de la proteína en el endospermo del maíz ha sido rescatado en los últimos años por los trabajos realizados principalmente en la Universidad de Purdue. Estos trabajos han demostrado que dichos genes modifican la proporción de los amino ácidos lo cual resulta en contenidos superiores de lisina y triptofano entre otros.

La mejor calidad de la proteína resultante es casi comparable a la de la leche y puede sustituir totalmente o en parte a la soya, harina de pescado, torta de algodón, y otros productos de alto valor proteico en dietas de humanos y animales monogástricos, según trabajos publicados por Bressani, Clark, Pickett, Rogler¹, Beeson² y otros.

Este trabajo pretende analizar la magnitud del efecto en la densidad de algunos maíces tropicales a los cuales se ha incorporado los genes o_2 y fl_2^{HI} , así como informes de algunas observaciones y sugerencias relacionadas a su incorporación y posible uso comercial.

MATERIALES Y METODOS:

Se utilizaron 44 mazorcas que segregaron granos amiláceos (tipo harinoso y suave, provocado por los genes o_2 y fl_2) provenientes de autofecundaciones del primer cruce y también de la primera retrocruza de 5 líneas puras y 6 cruces sencillos.

Estos materiales tropicales se adaptan a zonas con altitud menor a los mil metros sobre el nivel del mar, y comprenden tipos cristalinos, dentados y dulces. De estos materiales 6 fueron del programa de incorporación de Opaco-2 y 7 del programa de Harinoso-2. Dos de ellos se incluyeron en ambos programas.

(x) Foey Hybrids Inc. - México.

xx Por ser de uso corriente en la literatura, en este trabajo se emplea la abreviatura fl_2 para denotar el gene Harinoso-2.

Para el cálculo del efecto en la densidad relativa se utilizaron dos criterios; el primero calculando el peso de 100 semillas, y el segundo, el peso de 100 c.c., tanto de las segregaciones aliláceas como de los granos normales. Se pesaron volúmenes de 10 a 20 c.c. de cada tipo de maíz de cada mazorca y se contó el número de semillas con el objeto de calcular el peso por 100 semillas y por 100 c.c.

RESULTADOS:

Los Cuadros 1 y 2 muestran los valores obtenidos en granos por 100 semillas y por 100 c.c. de granos opacos, harinosos y normales de mazorcas segregantes. Para cada material se ofrece también el por ciento correspondiente al peso de las segregaciones con respecto al peso de los normales. Además se detalla el número de mazorcas que intervinieron en el cálculo del promedio de cada material.

En las gráficas 1 y 2 se refleja la variación de peso de 100 semillas obtenida en cada mazorca dentro de cada material así como su comparación con el promedio de igual número de semillas de cuatro híbridos comerciales. En la gráfica 3 se observa la pérdida relativa de peso comparando el criterio de peso de 100 semillas con el de 100 c.c.

Cuadro 1. Peso de granos opacos (op) y normales de mazorcas segregantes.

MATERIAL	No. de mazorcas	Peso de 100 semillas, gms.			Peso de 100 c.c., gms.		
		opacos	normales	% de normales	opacos	normales	% de normales
D-2626	2	26.90	27.25	93.6	62.03	70.32	85.2
D-2621	3	25.14	29.53	85.1	61.56	72.07	86.8
D-2660	2	23.46	26.12	89.8	61.73	76.34	80.9
D-2654	5	23.22	24.96	92.9	66.52	73.04	91.1
D-2643	2	22.96	26.36	86.9	60.60	73.23	82.7
D-2664	1	22.28	24.34	91.6	61.29	71.79	85.4
D-2559	1	22.26	22.97	96.9	66.10	70.37	93.9
D-2639	2	21.21	21.44	99.4	59.22	66.03	90.6
D-2656	3	15.86	16.84	94.2	52.96	70.42	85.2
Promedio		22.60	24.43	92.6	62.22	71.57	87.1

rag. 2

Cuadro 2. Peso de granos harinosos (21%) y normales de mazorcas segregante

MATERIAL	No. de mazorcas	Peso de 100 semillas. gms.			Peso de 100 c.c. gms.		
		harinosas	normales	% de normales	harinosas	normales	% de normales
D-2635	5	24.91	27.73	89.8	64.91	75.63	85.8
D-2645	7	24.30	27.79	89.6	70.25	73.04	90.9
D-2660	2	23.97	27.25	84.3	66.51	77.50	85.9
D-2616	2	20.65	23.26	86.9	69.71	77.33	89.6
D-2654	4	20.23	23.93	88.2	70.30	80.27	89.6
D-2656	3	21.03	21.07	90.3	68.39	76.26	90.2
Promedio		22.09	25.10	88.2	68.54	77.59	88.7

Cuadro 3. Comparación de maíces normales y opacos comerciales

HIBRIDOS	Peso de 100 semillas. gms.			Peso de 100 c.c. gms.		
	opacos	normales	% de normales	opacos	normales	% de normales
Media Pocy T-23, T-25, T-72 y T-73	---	25.39	(100.00)	---	74.20	(100.00)
ICA 207 #	24.74	---	97.4	63.70	---	89.9
Diacol II 253 #	24.22	---	96.4	64.06	---	86.2
Promedio	24.36	25.39	96.9	65.36	74.20	88.1

DISCUSION:

De acuerdo con los dos criterios utilizados para medir el efecto en el peso, ocasionado por los genes Opaco-2 y Harinoso-2, en los Cuadros 1 y 2 se observa que los promedios fueron 84.8 y 88.2% de los granos normales respectivamente, según el criterio del peso de 100 semillas. Según el peso de 100 c.c. estos valores fueron de 87.1% y 88.7% respectivamente para las segregaciones de Opaco-2 y Harinoso-2. La pérdida de peso parece haber sido menor en el peso de 100 semillas en el caso de los opacos, habiendo 4 materiales que promediaron más de 94% del peso de los normales.

En las gráficas 1 y 2 se observan en más detalle la pérdida de peso ocasionada por estos genes según el peso de 100 semillas. Se encontró mucha variabilidad entre los materiales estudiados y aún dentro de las mazorcas de cada material. En esas gráficas se reflejan los pesos de los granos opacos, harinosos y normales que cuando se comparan con el peso promedio obtenido de híbridos comerciales se encuentran pesos similares y hasta superiores a estos últimos.

Esta variación sugiere que mediante selección apropiada se pueden obtener materiales opacos y harinosos de densidad aceptable. El efecto que pueda tener esta selección en el contenido de amino ácidos deben ser motivo de una investigación especial.

Analizando el efecto de estos genes en los materiales estudiados, se observa una tendencia a producir valores más altos con el gene Opaco-2 según el criterio de peso de 100 semillas. Esta tendencia se resalta en la gráfica 3 donde se nota que en general hubo menor pérdida en el peso de 100 semillas que en el de 100 c.c. En el Cuadro 3 se nota también este efecto donde los maíces opacos ICA 207 y DIACOL H-253 mostraron un valor de 7.5 y 10.1% mayores, respectivamente, en el peso de 100 semillas comparados con el de 100 c.c. del mismo maíz.

Estas observaciones respaldan la sugerencia de Alexander¹ de que hay genes modificadores del tamaño del grano en los homocigotos de Opaco-2. En su trabajo utilizando 21 líneas "standard" de los Estados Unidos, los pesos de los granos opacos fluctuaron de 72 a 100% de los normales, encontrando también amplias diferencias aún dentro de prógenies retrocruzadas de una misma línea. En el presente trabajo con materiales tropicales, la fluctuación por mazorca fué de 74 a 102%.

Según los datos obtenidos en las segregaciones de harinosos (gráfica 3) no parece haber el mismo efecto general observado en los opacos de modificar el peso del grano, aunque sí hubo excepciones. Sin embargo, los granos harinosos corresponden



a homocigotos y heterocigotos del mutante ya que estos últimos también producen un fenotipo similar en el endospermo debido a la herencia materna de ese gene. Por ser el endospermo triploide, donde el gameto hembra contribuye con dos núcleos, en estos casos, el fenotipo del endospermo estará determinado por el gameto hembra, independiente de la contribución del gameto macho.

INCORPORACION DE OPACO-2 Y HARINOSO-2:

Para la incorporación de Harinoso-2 el proceso de retrocruzamiento se reduce a simplemente llevar polen de la línea recurrente a las plantas cruzadas y seleccionar los granos harinosos en cada generación, ya que estos serán los heterocigotos. Para terminar el proceso será necesario hacer dos autofecundaciones seguidas puesto que en la primera habrán heterocigotos y homocigotos entre los granos harinosos. Las progenies que no segreguen normales en la segunda autofecundación serán los homocigotos harinosos ($f1_2/f1_2$).

Como los heterocigotos de Opaco-2 no se pueden identificar como los de Harinoso-2, para su incorporación se ha sugerido autofecundar las plantas cruzadas a partir de la primera retrocruza, a la vez que se le lleva polen a la línea recurrente. Mediante la identificación de los heterocigotos (los que segregan al autofecundarse) se continúan las retrocruzas con las plantas de la línea recurrente a las cuales se les traen polen de las identificadas, repitiendo el proceso el número de generaciones que se necesite para recuperar la línea original. Para terminar el retrocruzamiento será necesario autofecundar y separar los granos normales. Las segregaciones amiláceas serán los homocigotos opacos (o_2/o_2).

Durante la identificación de las segregaciones amiláceas se observó que en algunos casos había una variación en la cantidad de almidón suave presente en los que a

simple vista parecían amiláceos. Esta diferencia se notó al pasar una luz uniforme a través de los granos.

Las variaciones observadas sugirieron la posibilidad de identificar los heterocigotos de los homocigotos, especialmente en el caso de Harinoso-2, pero la apariencia de esta variación, tanto en las segregaciones de Opaco-2 como de Harinoso-2 en forma aparentemente arbitraria no da lugar a esta suposición.

POSIBILIDADES COMERCIALES:

De acuerdo con los datos aquí presentados, la pérdida de densidad de los granos opacos y harinosos no parece ser un mayor obstáculo en la producción comercial de estos maíces ya que aparentemente se pueden obtener rendimientos aceptables. Sin embargo, la textura amilácea de estas semillas sí puede afectar su rápida comercialización por ser diferente de los tipos tradicionales y además por la probabilidad de que sean más susceptibles a daños por insectos de granos almacenados. En la actualidad existe poca información publicada sobre sistemas genéticos para contrarrestar este posible inconveniente, así como análisis de amino ácidos de genotipos heterocigotos de Opaco-2 y Harinoso-2 y sus combinaciones recíprocas. Sin embargo, basado en la información disponible, se puede especular sobre otras posibilidades de utilizar estos genes. Las investigaciones de carácter genético, químico y nutricional que se están realizando actualmente serán necesarias para evaluar estas posibilidades.

Una sugerencia hecha por Nelson¹ fué en el sentido de utilizar el doble recesivo de estos genes ($o_2/o_2; fl_2/fl_2$) que según sus observaciones en el material que él utilizó produjo un fenotipo prácticamente de apariencia normal. También se reporta en ese trabajo que el contenido de lisina ante la presencia del doble recesivo

fué similar al obtenido para los homocigotos individuales de Opaco-2 y Harinoso-2. Otra información interesante que permite considerar la forma de utilizar estos genes es la observada por Bates¹ sobre el efecto de dosis en el endospermo, especialmente en el contenido de lisina, que aumenta según el número de dosis presente de estos genes. Los valores obtenidos por Bates¹ fueron los siguientes:

+/+/+	1.7 gms. lisina por 100 gms. de proteína del endospermo.
+/+/o ₂	1.8 " " " " " " " " " " "
o ₂ o ₂ /+	2.3 " " " " " " " " " " "
o ₂ o ₂ o ₂	3.6 " " " " " " " " " " "

Basado en estos datos como factibles en otros materiales, se puede especular sobre el posible contenido de lisina de una cruce de un maíz opaco por otro normal, que presentaría la ventaja de reducir la cantidad de granos opacos a la cuarta parte en la F₂ o generación comercial. Esta posibilidad, aunque de fácil y rápida realización comercial implicaría desde luego una reducción en el contenido de lisina. Usando los valores de Bates¹ la F-2 de esta cruce tendría un promedio de 2.7% de lisina de la proteína del endospermo ya que la población estaría formada de partes iguales de cada genotipo arriba indicado.

Este valor significa un aumento de 60% de lisina sobre la contenida en maíces normales.

Desde un punto de vista comercial, las dos texturas diferentes puede facilitar a la industria de alimentos identificar el maíz con los genes o₂ y de mayor valor nutritivo, ya que para las poblaciones de apariencia normal con estos genes necesitaría de análisis de amino ácidos para cada compra de maíces supuestamente de alto valor de lisina. La industria de alimentos puede también separar estos tipos con relativa facilidad mediante las llamadas máquinas separadoras de granos por gravedad y separar la porción homocigota o₂/o₂ de cada población donde 100% mas que los normales tendrían la mayor concentración de lisina (3.6 en este caso).

Otros mecanismos genéticos se podrían utilizar para producir una semilla que mediante el uso de estos genes aumente la calidad de la proteína y a la vez tenga un feno tipo de apariencia normal o casi normal, pero primero será necesario un conocimiento mas amplio sobre el efecto en los amino ácidos de los diferentes genotipos que se puedan formar entre estos dos genes.

RESUMEN Y CONCLUSIONES:

1. Las segregaciones de granos opacos considerando el peso de 100 semillas fué de 92.8% de los normales en promedio, casi el 6% mas que el peso de 100 c.c. del mismo maiz. Tal sugiere una tendencia de este gene a producir granos que proporcionalmente pierden menos peso por semilla que por volumen, respaldando la sugerencia de Alexander¹ de que existen genes modificadores de tamaño en los homocigotos o_2/o_2 . El gene Harinoso-2 no se comportó de esta forma.
2. Los pesos de 100 semillas de las segregaciones de Opaco-2 y Harinoso-2 fueron muy variables aún dentro de cada material estudiado, habiendo algunos con valores similares y hasta mayores que el promedio de igual medida de 4 híbridos comerciales. Mediante selección apropiada, la pérdida de peso ocasionada por estos genes parece no presentar obstáculo para la eventual obtención de rendimientos aceptables.
3. Para la incorporación de Opaco-2 se ha sugerido autofecundar los cruzamientos en proceso de retrocruzamiento y llevar polen a la línea recurrente. Las plantas autofecundadas que segreguen serán heterocigotas. En el caso de Harinoso-2 el efecto materno en el endospermo permite la identificación de los heterocigotos en el proceso de retrocruzamiento.
4. Para compensar la pérdida de densidad ocasionada por estos genes, Nelson¹ ha sugerido la incorporación simultanea de ellos, que en su forma doble recesiva ha demostrado tener apariencia y densidad practicamente igual a los maices normales.

5. Se sugiere la posibilidad de cruzar maíz opaco por normal como sistema rápido de obtener un maíz comercial de alta lisina. En datos reportados por Bates¹ de los cuatro genotipos que se formarían en la F2 de esa cruce, se teoriza para predecir el posible aumento de contenido de lisina, resultando en 60% mayor que los maíces normales.

Literatura citada

1. Ver los trabajos de estos autores en: E.T. Mertz and O.E. Nelson (Eds.). Proceedings of the High Lysine Corn Conference. Purdue University, Lafayette, Indiana. June 21-22, 1966.
2. Beeson, W.H. Food and Food Value of Opaque-2, In: Proceedings of the Twenty-First Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference. (Dec. 14-15, 1966). Published by American Seed Trade Association, Washington, D.C. pp 50-54.