

Mejoramiento de la expresión heterótica de dos grupos germoplásmicos de maíz identificando probadores adecuados

Two maize germplasm groups heterotic expression improvement by means of proper tester identification

Daniel Sámano-Garduño¹, Humberto de León-Castillo¹, Alfredo de la Rosa-Loera¹ y Mario Eduardo Elizarraras-Chico².

E-mail: dasaga76@yahoo.com.mx

¹Instituto Mexicano del Maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. C.P. 25315.

Abstract

Count on proper heterotic patterns is a must in the way to generate superior maize hybrids. In our breeding program, we use one pattern composed by QPM material from CIMMYT in one side and by Dwarf material from Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in the other. Previous works have been done crossing lines from one group to single cross testers to the other and viceversa. This report is on the ear yield evaluation of three-way cross experimental hybrids, 82 from the QPM x Dwarf combinations, and 69 from Dwarf x QPM, which were generated during the B cycle 2002/2003 in Tepalcingo, Mor., and assayed along with 10 commercial hybrids as checks, in two Mexican locations: Juventino Rosas, Gto., and la Piedad, Mich. The experimental design was a complete random block, two repetitions. The analysis led to GCA and SCA calculations. Results indicated a wide genetic range in lines and testers, but highest in the QPM group; incidentally, this group as a tester presented the best hybrid and the Dwarf group had the more efficient tester. There were detected experimental hybrids with higher ear yield than the best checks; this might be due mainly to additive effects. Data made it clear that there is room for this heterotic pattern improvement.

Key word: *Zea mays* L., combining ability, three-way cross hybrids, heterotic groups.

Resumen

Para generar híbridos superiores de maíz, es necesario contar con patrones heteróticos **adecuados**. Uno de ellos está formado con material del CIMMYT y de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Este trabajo consistió en seleccionar líneas y probadores sobresalientes, con buena aptitud combinatoria del grupo heterótico señalado e identificar híbridos triples potenciales. Los híbridos experimentales evaluados fueron 82 cruza triples del grupo QPM x Enano, y 69 del grupo Enano x QPM, en dos localidades representativas del Bajío mexicano, durante la primavera del

2003 bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones por localidad. La variable analizada fue rendimiento de mazorca (REND). Se calculó la ACG de líneas y probadores y la ACE para cruzas. Los grupos presentaron gran diversidad genética en líneas y probadores, siendo mayor en el QPM. Éste grupo como hembra, generó los mejores híbridos y el grupo enano presentó los probadores con mayor poder de discriminación. Hubo híbridos experimentales superiores en cuanto a rendimiento a los comerciales y este potencial se debió principalmente a efectos aditivos. Concluyendo que la cruce de estos grupos interinstitucionales forman un buen patrón heterótico para el Bajío mexicano con posibilidades de mejorar su expresión.

Palabras clave: *Zea mays* L., aptitud combinatoria, cruza triples, grupos heteróticos.

Introducción

El mejoramiento genético ha permitido elevar gradualmente la producción por unidad de superficie, esto a través del uso de semilla mejorada (Moreno *et al.*, 2004). En la actualidad, los productores de maíz en México presentan problemas debido al incremento de precio de la semilla híbrida por las compañías transnacionales, mientras que el precio del grano se ha mantenido estable (Morales *et al.*, 2005). Por lo que las Instituciones del sector público deben de presentar soluciones tangibles y aplicables en el corto tiempo.

Ya muchos autores en el mundo, han remarcado la importancia que tiene el uso de patrones heteróticos para generar híbridos superiores (Pollak *et al.*, 1991; Mickelson *et al.*, 2001; Bernardo, 2001). Pero la identificación de estas combinaciones superiores pudiera resultar complicado, porque generalmente resulta costoso y se lleva un tiempo considerado por tener un gran número de líneas (Barboza *et al.*, 2003). Siendo necesario entonces, tener identificado dentro de cada grupo heterótico a el mejor material, que además, permita discriminar eficientemente líneas del grupo contrastante y así, determinar el potencial y utilidad de dichas líneas en el desarrollo de híbridos o sintéticos (Menkir *et al.*, 2003).

En México, De León (2005) identificó que maíces del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y materiales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro forman un buen patrón heterótico para el área del Bajío. A partir de esta información, este trabajo partió con la formación de híbridos entre éstos dos grupos germoplásmicos, teniendo como objetivos: 1) seleccionar híbridos triples que presente buen potencial de rendimiento; 2) identificar dentro de cada grupo probadores con buena capacidad combinatoria y de mayor poder discriminatorio y; 3) seleccionar líneas sobresalientes en cada grupo.

Metodología Experimental

El material genético estuvo integrado por líneas y cruza simples derivadas del grupo enano (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) con adaptación al bajío y,

del grupo QPM (Quality Protein Maize), este último proporcionado por el programa del subtropico del CIMMYT. Los cruzamientos se realizaron en Tepalcingo, Mor., ciclo otoño-invierno de 2002-2003; se emplearon como hembras las cruza simples de cada grupo, que se cruzaron con las líneas del otro grupos (línea x probador), de las cuales se generaron 82 cruza triples del grupo QPM x Enano, y 69 del grupo Enano x QPM.

Estas cruza, así como 10 híbridos comerciales (testigos) se evaluaron durante el ciclo primavera-verano de 2003, en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich., mediante un diseño de bloques al azar con dos repeticiones por localidad; se utilizó como parcela experimental un surco con 21 plantas separadas a 19 cm, con una distancia entre surcos de 80 cm. La variable a medir fue rendimiento de mazorca (REND) en $t\ ha^{-1}$. Se estimó la aptitud combinatoria general (ACG) de líneas y probadores, y la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruza.

El criterio utilizado para mejorar el patrón heterótico (E x QPM) fue la identificación de líneas y probadores con los mejores efectos de ACG. Los probadores se clasificaron con base a su capacidad para discriminar líneas, que se midió a través del valor de los cuadrados medios exhibido por las líneas, dentro de cada probador.

Resultados y Discusiones

El rendimiento de mazorca de los dos tipos de cruza se vio influenciado por el ambiente, al detectarse diferencias estadísticas tanto en la fuente localidades, como en bloques (Cuadro 1), lo que reafirma que este carácter es cuantitativo, y que está controlado por muchos pares de genes y fuertemente influenciado por el ambiente.

Para los dos tipos de cruza, las fuentes de variación, líneas y probadores presentaron diferencias estadísticas, lo que indica la gran diversidad genética presente en los dos grupos germoplásmicos, y la existencia de mayor variabilidad en las líneas que en los probadores; esta variabilidad permitirá hacer una selección a partir del comportamiento de cada material, ya que difieren en su aptitud combinatoria general.

La doble interacción línea por probador, sólo presentó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) cuando el grupo QPM se utilizó como probador. Esto es un indicativo, como lo menciona Vencovsky y Barriga (1992), de que existen efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) entre las líneas y los probadores, lo que pone en evidencia la presencia de dominancia y/o efectos epistáticos, y crea la necesidad de identificar la mejor combinación híbrida. En los dos tipos de cruza se observó que la mayor contribución a la diferencia de las cruza triples la aportaron las líneas, seguida de los probadores, y en menor escala, la interacción de ellos.

Las líneas de cada grupo germoplásmico presentaron un comportamiento diferente en los ambientes de evaluación; no ocurrió lo mismo con los probadores, que fue de poca relevancia, lo cual permitió que al final no se encontraran diferencias estadísticas en la triple interacción (LxPxLoc).

Con base a la media general y a los valores mínimos y máximos que presentaron los dos tipos de cruza, se puede establecer que los mejores híbridos triples se

obtienen cuando se utiliza como hembra (cruza simple) al grupo QPM, y como macho (línea) al grupo Enano; es decir, del grupo QPM se obtienen probadores con mejor comportamiento de combinación híbrida, aunque pudieran existir problemas de polinización en los lotes de producción, por el tamaño pequeño de las plantas del grupo enano.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis combinado para rendimiento de 82 cruza triples del grupo QPM x Enano, y 69 del grupo Enano x QPM, evaluados en Celaya, Gto. y La Piedad, Mich. durante el 2003

F.V	g.l.	Q x E	g.l.	E x Q
Localidad (Loc)	1	263.60**	1	24.23*
Bloques/Loc	2	34.42**	2	21.18**
Línea (L)	9	26.35**	10	112.60**
Probador (P)	8	21.35**	6	11.83*
L x P	64	6.52*	52	5.98
L x Loc	9	15.17**	10	17.84**
P x Loc	8	6.67	6	7.98
L x P x Loc	64	5.74	52	5.87
Error	185	4.30	158	4.09
Media		15.91		14.82
C.V		13.04		13.64
Valor máximo		25		23
Valor mínimo		9		6
Error estándar		1.04		1.01

* y ** = diferencias significativas al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; g.l.=grados de libertad; QxE= hembra Qpm x macho enano; ExQ= hembra enano x macho QPM; C.V. = coeficiente de variación

Para resaltar la importancia de los grupos germoplásmicos, se señala en el Cuadro 2 que se encontraron híbridos triples experimentales que fueron estadísticamente superiores a la media de los testigos. Donde la mayor parte de estos híbridos sobresalientes, tuvieron como hembra al grupo QPM, por lo que estos grupos forman un buen patrón heterótico, del cual pueden originarse combinaciones híbridas con posibilidades de competir, en rendimiento de mazorca, con híbridos comerciales.

Si se considera la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruza y la aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores para explicar el potencial de los híbridos sobresalientes, los efectos de ACG (aditivos) fueron de mayor importancia (Cuadro 2), ya que al utilizar en cruza, al menos un progenitor con valores altos de ACG, se aseguran híbridos con alto potencial de rendimiento, tal y como lo mencionan Sámano y de León (2004). Aunque también, en algunos casos, son más importantes los

efectos de ACE, que se refleja en los híbridos uno y siete, en los cuales sus progenitores presentaron una ACG igual a cero, e inclusive con efectos negativos.

Si se considera que el valor de un cuadrado medio refleja la variación existente en un carácter dado, entonces el cuadrado medio que presenten las líneas dentro de cada probador será un indicativo del grado de variación que tendrán éstas dentro de cada probador, lo que permitirá, por lo tanto, seleccionar al probador con mayor poder discriminatorio de líneas.

El grupo Enano presentó el mayor número de probadores que tuvieron valores altos en los cuadrados medios (Cuadro 3), en comparación con el grupo QPM que sólo tuvo tres, aunque sus valores no fueron tan altos como los del grupo contrastante. También se reafirmó la importancia que tiene el grupo QPM cuando se utiliza como hembra, al combinarse bien con su grupo contrastante.

Cuadro 2. Media general de los mejores 15 híbridos experimentales, efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) de cruza y efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de líneas y probadores, de los dos tipos de cruza

P x L	HIB	P	L	REND	ACE	ACG P	ACG L
Q x E	6	6	1	20.2	1.68	1.42 *	1.18 *
Q x E	13	6	4	19.2	1.12	1.42 *	0.71 *
Q x E	4	9	9	18.9	2.01	-0.11	1.07 *
Q x E	7	2	5	18.7	1.66	0.70	0.40
Q x E	2	9	4	18.7	2.12 *	-0.11	0.71 *
E x Q	87	13	19	18.5	1.76	0.66	1.28 *
E x Q	83	14	14	18.5	2.47 *	0.00	1.20 *
Q x E	24	6	5	18.4	0.67	1.42 *	0.40
Q x E	9	4	1	18.3	1.44	-0.26	1.18 *
E x Q	102	12	20	18.3	0.67	-0.56	3.42 *
Q x E	29	3	9	17.9	0.52	0.40	1.07 *
E x Q	1	7	10	17.9	3.14 *	-0.53	-0.64
E x Q	94	11	18	17.8	0.36	0.62	1.26 *
Q x E	17	6	7	17.8	0.96	1.42 *	-0.55
E x Q	88	15	14	17.7	1.64	0.04	1.20 *
				Media de híbridos	18.46		
				Media de testigos	15.11		
				EE	1.04		
				DMS	2.09		

* = estadísticamente diferente de cero al 5 % de probabilidad; P y L = probador y línea, respectivamente; HIB = híbrido; REND = rendimiento de mazorca al 15.5 % de humedad.

La importancia de estos resultados se verá en el mejoramiento de la expresión heterótica, ya que, por un lado, el grupo enano utilizado como probador permitirá identificar las mejores líneas del grupo complementario, y éstas líneas utilizadas como hembras, originarán híbridos con alto potencial de rendimiento, por lo que la estrategia de mejoramiento para aumentar la expresión de estos grupos, será a través de la selección recíproca recurrente.

Probador QPM			Probador Enano		
6 ⁺	6310*Bulk-13 x 6320-5	14.23	14	PE-114-3 x 255-18-19-60-A-A	38.26
9	CML-181 x 6310*Bulk-11	13.74	11	PE-112-3 x PE-114-3	26.29
7	6320-6 x 6310*Bulk-13	10.52	13	PE-112-7 x PE-210-5	22.86
4	6310*Bulk-11 x CML-181	9.29	10	PE-112-3 x PE-114-2	22.06
5	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-12	8.76	12	PE-112-3 x PE-210-5	21.91
1	CML-173 x CML-174	8.08	15	PE-114-3 x PE-112-3	20.30
8	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-13	7.25	16	PE-210-5 x PE-114-2	9.89
2	6310*Bulk-2 x 6320-6	4.56			
3	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-11	4.09			

⁺ = Numero de identificación de los probadores

Conclusiones

El cruzamiento entre los grupos germoplásmicos enanos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con adaptación al bajío, con el grupo QPM del programa del subtrópico del CIMMIT, presentan un excelente patrón heterótico, del cual se pueden extraer híbridos sobresalientes que pueden competir con los híbridos comerciales. Además, estos grupos son de amplia base genética, y tienen la particularidad de discriminar líneas del grupo complementario, por lo que se podrá mejorar paulatinamente la expresión del grupo heterótico.

Literatura Citada

- Barbosa A. M.M., I.O. Geraldi, L.L. Benchimol, A.A.F. Garcia, C.L. Souza Jr. & A.P. Souza. 2003. Relationship of intra- and interpopulation tropical maize single cross hybrid performance and genetic distances computed from AFLP and SSR markers. *Euphytica* 130: 87-99.
- Bernardo R. 2001. Breeding potential of intra- and interheterotic group crosses in maize. *Crop Sci.* 41: 68-71.
- De León, C. H. 2005. Estudio y clasificación de grupos germoplásmicos para la constitución de patrones heteróticos en maíz. Tesis de doctorado en ciencias, Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 92 p.

- Menkir A., B. Badu-Apraku, C. The and A. Adepoju. 2003. Evaluation of heterotic patterns of IITA'S lowland white maize inbred lines. *Maydica* 48: 161-170.
- Mickelson R. H., H. Cordova, K.V. Pixley and M.S. Bjarnason. 2001. Heterotic relationships among nine temperate and subtropical maize populations. *Crop Sci.* 41: 1012-1020.
- Morales R. M.M., J. Ron P., J.J. Sánchez G., J.L. Ramírez D., L. De la Cruz L., S. Mena M., S. Hurtado P. y M. Chuela B. 2005. Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco, liberados en la década de 1990. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2): 115-126.
- Moreno P. E.C., D. Lewis B., T. Cervantes S. y J.L. Torres F. 2004. Selección recíproca recurrente en poblaciones de maíz de valles altos, en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno, en México. *Agrociencia* 38: 305-311.
- Pollak L.M., S. Torres C. and A. Sotomayor R. 1991. Evaluation of heterotic patterns among caribbean and tropical x temperate maize populations. *Crop Sci.* 31: 1480-1483.
- Sámano G. D. y H. De León C. 2004. Efectos de aptitud combinatoria de dos poblaciones de maíz adaptadas al bajío. *In: Resultados de proyectos de investigación 2003. Dirección de Investigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. ISBN 968-844-032-9.*
- Vencovsky R. & P. Barriga. 1992. *Genética biométrica no fitomelhoramento.* Ribeirao Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 486 p.