

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ GRANO

L. CAMPO, A.B. MONTEAGUDO, J. MORENO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10. 15080 A Coruña. laura.campo.ramirez@xunta.es

RESUMEN

En la selección de híbridos de maíz grano adaptados al Norte de España se busca mejorar el encamado, el rendimiento de la mazorca, el contenido de humedad del grano en el momento de la recolección y la precocidad de la planta.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la Aptitud Combinatoria Específica de varias líneas aleatorias S3 derivadas de la población (EC136 x EC151) F2 mediante cruzamientos con un probador (“tester”) heterótico EC214. Treinta y dos cruzamientos de líneas (EC136 x EC151)F2S3 por el tester EC214, tres híbridos experimentales del CIAM y siete híbridos comerciales testigos fueron evaluados, estimándose un índice de selección a fin de determinar las líneas con mejor aptitud para la producción de maíz grano. Diecisiete de los cruzamientos evaluados fueron superiores a la media de los testigos evaluados y por lo tanto, son buenos híbridos a tener en cuenta en la producción de maíz grano y las líneas (EC136 x EC151) F2S3 presentan buena aptitud combinatoria.

Palabras clave: *Zea mays* L., Aptitud Combinatoria Específica, índice de selección grano.

INTRODUCCIÓN

En el caso del cultivo del maíz las variedades locales recolectadas en todo el mundo han jugado un papel primordial en el desarrollo de líneas puras, poblaciones mejoradas o híbridos. Sin embargo, el germoplasma de maíz utilizado en el desarrollo de híbridos comerciales está restringido a muy pocas variedades locales. El germoplasma de la mayoría de los híbridos americanos de la “Corn Belt” está basado en dos variedades, la Reid Yellow Dent y la Lancaster Sure Crop (Hallauer, 1990). Sin embargo, posteriormente, se ha desarrollado en el Centro Internacional de Mejora del Maíz y Trigo (CIMMYT) un germoplasma de origen tropical que se adapta a las condiciones templadas (Vasal *et al.*, 1992a, 1992b, 1992c). Análogamente a lo que ocurre en América en el norte de Europa, la mayoría de las líneas puras son de endospermo liso y pertenecen a un germoplasma muy restringido emparentado con líneas procedentes del sur de Francia y norte de España (Ordás *et al.*, 1994). En el caso de Galicia se ha demostrado que una buena estrategia es cruzar líneas puras lisas de origen local con dentadas

de origen americano para la obtención de híbridos adaptados a las condiciones del norte de España (Campo y Moreno-González, 2006; Moreno-González, 1988a, 1988b; Moreno-González *et al.*, 1997; Malvar *et al.*, 1996). El germoplasma local proporciona vigor temprano, precocidad y adaptación al medio, mientras que el material americano introduce la producción y la resistencia al encamado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Origen del material vegetal

El material de partida fueron 32 líneas que proceden de la población F2 del cruce entre las líneas EC136 X EC151, más tres híbridos experimentales y siete híbridos comerciales utilizados como testigos. Este cruce EC136 X EC151 fue elegido porque ambas líneas parentales pertenecen al mismo grupo heterótico “*Reid yellow dent*” (RYD) y, además, mantienen una razonable distancia genética, como lo demuestra su pedigrí y su evaluación agronómica.

La línea pura EC136 fue derivada del “topcross” de la línea pura B73 seleccionada de la población SSS para precocidad, mientras que la línea pura EC151 se derivó del cruce topcross entre la línea pura A632 y la población BS10, seleccionada para maduración temprana (Moreno-González *et al.*, 2004). La línea EC151 ha mostrado ser la más resistente a la inoculación del hongo *Fusarium graminearum* Schwabe causante de la podredumbre de raíz, mientras que la línea EC136 ha mostrado una resistencia intermedia (Andrés *et al.*, 2004; Moreno-González *et al.*, 2004). La línea EC151 es de talla baja mostrando acortamientos de los entrenudos comprendidos entre la mazorca y el penacho y se ha caracterizado por su gran resistencia al encamado (Moreno-González *et al.*, 2004).

En el año 2007 se realizaron los cruzamientos testcross de las 32 líneas de la generación S3 derivadas de la población EC136 x EC151F2 y de dos de los tres híbridos experimentales (con diferente origen al de las líneas), por el tester heterótico EC214 perteneciente al grupo heterótico *Lancaster*. Las líneas S3, fueron utilizadas como hembras y polinizadas en un campo aislado utilizando como macho la línea EC214 que produce híbridos resistentes al encamado.

Evaluación fenotípica de los cruzamientos

El experimento para la evaluación fenotípica en campo fue llevado a cabo en la localidad de Puebla de Brollón (Lugo) en el año 2008. El diseño experimental utilizado fue un diseño Látice con tres repeticiones. Se evaluaron 32 líneas (EC136 x EC151F2S3) x EC214, tres híbridos experimentales del CIAM y siete híbridos comerciales. Los tres híbridos experimentales son híbridos desarrollados en el CIAM para maíz grano o forrajero pero con diferente origen a los del estudio y fueron incluidos como testigos junto a los híbridos comerciales. Los híbridos comerciales pertenecen a los ciclos 200, 300 y 400, fueron los utilizados en el 2008 por el registro de variedades comerciales (INSVIT) en sus ensayos agronómicos.

Los datos que se tomaron en las diferentes fases del desarrollo y en la recolección fueron los siguientes: vigor temprano (VTE), floración femenina (FFEM), altura total de la planta (HTOT), altura de inserción de la hoja de la mazorca (HMAZ), porcentaje de plantas caídas (ENC) y porcentaje de humedad del grano (HUM) en el momento de la cosecha y rendimiento grano ajustado al 15% de humedad (REND).

La selección de los mejores cruzamientos se realizó en función de un índice de selección empleado por el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero (INSPV) para la evaluación de híbridos grano (Martínez Yáñez, 1997), adaptado a precocidad en el CIAM (Campo y Moreno-González, 2008). En este índice se combinaron el rendimiento, la tolerancia al encamado, la humedad del grano y la precocidad en la floración.

siendo:

$$IS_i = \frac{REND_i}{REND_t} [100 (HUM_i - HUM_t) - 0,3(FFEM_i - FFEM_t) - 0,5 (ENC_i - ENC_t)]$$

IS: índice de selección; REND: rendimiento grano (kg/ha); HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); FFEM: tiempo transcurrido desde la siembra hasta la floración femenina (días); ENC: plantas encamadas (tallo+raíz) (%). Los subíndices i y t hacen referencia al genotipo de las líneas evaluadas y a la media de los híbridos utilizados como testigos, respectivamente.

En el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis Latice utilizando el programa *Proc latice* (SAS) (SAS System V8). La separación de medias entre los genotipos se realizó mediante el test LSD cuando se obtenía un test F significativo ($P < 0,05$) en el ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento de los cruzamientos de las líneas S3 evaluadas son mostradas en la Tabla 1. Sólo encontramos diferencias significativas entre las medias de los cruzamientos y los híbridos testigos para los caracteres de altura total de la planta, siendo superiores las alturas de los testigos. En el resto de caracteres no encontramos diferencias significativas siendo los valores de rendimiento grano de 6814 kg/ha para la media de los cruzamientos y 6708 kg/ha para la media de los híbridos testigos. De manera análoga los valores de encamado y humedad del grano fueron de 2,0 y 33,2 en la media de los cruzamientos y 2,2 y 33,4 en la media de los testigos.

A pesar de estos resultados tan homogéneos, cuando observamos los resultados del índice de selección grano (IS) (Tabla 1), encontramos que 17 de los cruzamientos evaluados presentaron IS por encima de 100 lo que implica que más de la mitad de todos ellos se encuentran por encima de los híbridos testigos y por lo tanto la aptitud combinatoria de estas líneas EC136 x EC214F2S3 es muy buena. Las líneas con mayores IS en su cruzamiento con el tester EC214 fueron la 13, con un valor de 138 y las líneas 69, 65, 212 y 77 con valores de 125 para las dos primeras, 123 y 120, respectivamente. De los 17 cruzamientos con IS superiores a la media de los testigos, seis de ellos no mostraron encamado alguno (65, 77, 23, 161, 36 y 74) y en todos los casos las producciones fueron superiores a la media de los testigos. El cruzamiento de la línea 38 por el tester se caracterizó por presentar el segundo menor contenido de humedad de todos los evaluados (29,4%) con una producción de 6549 kg/ha, un encamado de 0,9% y un IS de 102. En las condiciones de Galicia la precocidad, bajos contenidos de humedad del grano y del encamado, son esenciales para obtener cosechas de maíz viables debido a nuestras condiciones ambientales más húmedas y con temperaturas no muy altas (Moreno-González *et al.*, 2000).

Tabla 1. Índice de selección (IS) y medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento en la evaluación de líneas experimentales cruzadas por EC214 e híbridos testigos* de maíz grano

Línea x EC214 e híbridos testigos	VTE	HTOT	HMAZ	FFEM	ENC	HUM	REND	IS
2 EC136xEC151 F2S3	3	1,73	0,66	66	1,6	28,8	4886	76
13 EC136xEC151 F2S3	3	1,88	0,74	66	2,7	34,8	9369	138
23 EC136xEC151 F2S3	3	1,99	0,71	68	0,0	33,6	7954	119
25 EC136xEC151 F2S3	4	2,10	0,72	66	6,0	34,8	6406	92
26 EC136xEC151 F2S3	4	2,02	0,81	67	1,3	33,1	6874	103
ANJOU 290	3	1,93	0,66	62	0,0	31,1	6388	100
36 EC136xEC151 F2S3	4	2,03	0,76	68	0,0	33,9	7230	108
EC169 x EC214	3	2,02	0,71	64	4,6	31,3	6546	99
38 EC136xEC151 F2S3	4	1,96	0,74	66	0,9	29,4	6549	102
43 EC136xEC151 F2S3	4	2,11	0,78	70	0,0	34,7	6016	89
62 EC136xEC151 F2S3	3	2,04	0,79	65	1,2	34,0	6710	100
MAVERIK	3	2,10	0,79	78	3,0	39,0	6988	94
65 EC136xEC151 F2S3	3	2,08	0,85	64	0,0	34,5	8312	125
69 EC136xEC151 F2S3	3	1,99	0,77	69	3,5	34,2	8603	125
74 EC136xEC151 F2S3	3	1,96	0,72	63	0,0	33,4	7055	107
77 EC136xEC151 F2S3	4	2,08	0,85	67	0,0	35,0	8108	120
78 EC136xEC151 F2S3	2	2,15	0,87	72	0,0	34,8	6465	94
84 EC136xEC151 F2S3	3	1,89	0,73	65	0,0	33,0	6243	95
PISUERGA	3	2,06	0,72	65	0,0	30,5	8160	127
86 EC136xEC151 F2S3	3	1,98	0,76	65	2,9	32,7	7042	106
98 EC136xEC151 F2S3	3	1,95	0,72	67	3,2	33,0	7719	115
EC133AxEC49A	3	2,21	0,81	70	0,0	38,8	6503	92
104 EC136xEC151 F2S3	2	1,87	0,73	67	1,2	31,4	6049	92
305 EC136xEC151 F2S3	2	2,02	0,78	65	5,8	31,8	6588	98
111 EC136xEC151 F2S3	3	2,09	0,77	69	0,8	34,2	6405	95
112 EC136xEC151 F2S3	3	2,04	0,71	66	0,9	33,1	6968	105
FURIO	3	1,97	0,67	67	3,7	32,2	6564	98
126 EC136xEC151 F2S3	3	1,86	0,66	67	2,5	33,8	5786	86
140 EC136xEC151 F2S3	3	2,07	0,73	68	0,0	33,8	6341	95
145 EC136xEC151 F2S3	2	1,88	0,66	62	7,8	32,5	5020	74
150 EC136xEC151 F2S3	3	1,91	0,65	63	4,6	31,1	6869	105
161 EC136xEC151 F2S3	3	1,93	0,74	67	0,0	31,5	7037	108
NTHERMO	3	1,97	0,58	62	2,8	32,8	6619	100
LG3303	4	1,93	0,71	61	2,6	32,2	5389	82
212 EC136xEC151 F2S3	3	1,87	0,58	64	7,0	32,9	8374	123
214 EC136xEC151 F2S3	2	1,89	0,65	68	3,7	34,1	5377	79
(A632xCM105)xEC214	3	2,01	0,77	65	4,5	33,1	7261	108
292 EC136xEC151 F2S3	2	1,63	0,56	63	6,6	31,9	6992	105
236 EC136xEC151 F2S3	3	2,15	0,87	66	0,0	32,5	5901	90
250 EC136xEC151 F2S3	3	2,09	0,76	68	0,0	33,9	6402	96
264 EC136xEC151 F2S3	3	2,15	0,86	71	0,0	35,9	6413	93
DUKLA	3	2,13	0,79	66	1,0	32,8	6666	100
Media líneas	3,0	1,98	0,74	66	2,0	33,2	6814	102
Media testigos*	3,2	2,03	0,72	66	2,2	33,4	6708	100
LSD_I(5%)	0,90	0,15	0,198	5,40	6,50	2,50	2644	
LSD_{mI}(5%)	0,23	0,04	0,05	1,38	1,67	0,64	677	
significación estadística <i>It</i>	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	
Eficiencia Látice	104	149	162	120	103	118	100	

VTE: vigor temprano; HTOT: altura total de la planta (cm); HMAZ: altura de la planta hasta el nudo de inserción de la hoja de la mazorca (cm); FFEM: floración femenina (días); ENC: encamado (%); HUM: humedad del grano en el momento de la recolección (%); REND: rendimiento grano (kg/ha); LSD(5%): mínimas diferencias significativas entre líneas (*I*) y entre la media de las líneas y los testigos (*mht*) *testigos: híbridos comerciales y experimentales del CIAM con diferente origen a las líneas evaluadas (en negrita)

índice

CONCLUSIONES

Diecisiete de los 32 cruzamientos evaluados presentaron índices de selección para rendimiento grano por encima de la media de los híbridos testigos, lo que implica que las líneas EC136 x EC151F2S3 presentan buena aptitud combinatoria y pueden dar origen a buenos híbridos de maíz grano. Las líneas 65 EC136 x EC151F2S3, 77 EC136 x EC151F2S3, 23 EC136 x EC151F2S3, 161 EC136 x EC151F2S3, 36 EC136 x EC151F2S3 y 74 EC136 x EC151F2S3 no presentaron encamado alguno, por lo tanto, serían las líneas candidatas para la selección de maíz grano. Estos resultados preliminares deben corroborarse con ensayos en diferentes ambientes a fin de constar la consistencia de los mismos.

Los ciclos F2S3 de las poblaciones EC136 x EC151 evaluadas presentan cambios positivos en los caracteres agronómicos derivados del proceso de selección, lo que contribuye al incremento en el índice de selección.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida del INIA, Proyecto RTA2004-00135-000 y RTA2008-00104-00-00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS ARES, J.L.; MORENO-GONZÁLEZ, J.; ALONSO FERRO, R.; CAMPO RAMÍREZ, L., 2004. Short Communication: *Fusarium graminearum* Schwabe, a maize root pathogen isolated from root lodged plants in northwest Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **2**, 249-252.
- CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2008. Evaluación de la aptitud forrajera en ecotipos de maíz. *Actas de Horticultura N° 51*, 175-176. IV Congreso de Mejora Genética de Plantas. Ed: C.M. Ávila, S.G. Atienza, J.I. Cubero, M.T. Moreno, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla (España).
- CAMPO, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2006. Millo para gran e forraxe nas explotacións gallegas. En: *Día de campo. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo*, 9-13. Ed. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (España).
- HALLAUER, A.R., 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*, **35**, 1-16.
- MALVAR, R.A.; ORDÁS, A.; REVILLA, P.; CARTEA, M.E., 1996. Estimates of genetic variances in two Spanish populations of maize. *Crop Science*, **36**, 239-242.
- MARTÍNEZ YAÑEZ, I., 1994. *Transferencia de alelos favorables desde poblaciones a líneas puras de maíz (Zea mays L.) grano y forrajero*. Tesis doctoral, 335 pp. Santiago de Compostela (España).
- MORENO-GONZÁLEZ, J., 1988a. Evaluation, development and improvement as source breeding materials of maize for cold regions. En: *Maize breeding and Production. Euromaize*, **88**, 21-34. Serbia.
- MORENO-GONZÁLEZ, J., 1988b. Diallel Crossing System in Sets of Flint and Dent Inbred Lines of Maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, **33**, 37-49.
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; RAMOS-GOURCY, F.; LOSADA, E., 1997. Breeding Potential of european flint and earliness-selected US Corn Belt dent maize populations. *Crop Science*, **37**, 1475-1481.

- MORENO-GONZÁLEZ, J.; LÓPEZ, A.; CAMPO RAMÍREZ, L.; BRICHETTE, I.; ORDÁS, A.; MALVAR, R.A., 2000. Desarrollo de material genético de maíz adaptado a Galicia y Norte de España a partir de germoplasma autóctono y exótico (CIMMYT, USA). En: *Memoria C.I.A.M. 1998*. Ed. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia, 61-63. Santiago de Compostela (España).
- MORENO-GONZÁLEZ, J.; ANDRÉS ARES, J.L.; ALONSO FERRO, R.; CAMPO RAMÍREZ, L., 2004. Genetic and statistical models for estimating genetic parameters for maize seedling resistance to *Fusarium graminearum* Schwabe. *Euphytica*, **137**, 55-61.
- ORDAS, A.; MALVAR, R.A.; DE RON, A.M., 1994. Relationships among american and spanish population of maize. *Euphytica*, **79**, 149-161.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; CROSSA, J.; HAN, G.C.; GONZÁLEZ, F., 1992a. Heterotic pattern of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica*, **37**, 319-327.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; CROSSA, J.; BECK, D.L., 1992b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germplasm. *Crop Science*, **32**, 884-890.
- VASAL, S.K.; SNIRIVASAN, G.; GONZÁLEZ F.; HAN, G.C.; SHIVAJI, P.; BECK, D.L.; CROSSA, J., 1992c. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical x subtropical maize germplasm. *Crop Science*, **32**, 1483-1489.

SUMMARY

EVALUATION OF EXPERIMENTAL HYBRIDS FOR EAR YIELD.

The selection of grain maize hybrids adapted to North of Spain looks for to improve plant lodging, ear yield, earliness and slight grain moisture. The objective of this work was to evaluate the specific combining ability of several random S3 lines derived from the EC136 x EC151F2 population crossed to the heterotic inbred tester EC214. 32 populations (EC136 x EC151F2S3) x EC214. Three experimental hybrids of CIAM and seven commercial hybrids were evaluated being considered a selection index in order to determine the lines with the best specific combining ability for the ear yield. Seventeen of the evaluated testcross were superiors to the average of the evaluated commercial hybrids and therefore, they are good hybrids to consider in ear yield and lines EC136 x EC151 F2S3 present good specific combining ability.

Palabras clave: *Zea mays* L., Specific combining ability, ear selection index.