



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro



Valores de <F> Como Criterio Adicional de Selección Para Identificar Probadores Adecuados en Maíz

<F> Values like Additional Criterion of Selection to Identify Tester Appropriate in Maize

Humberto De León-Castillo^{a*}, Daniel Sámano-Garduño^a, Alfredo De la Rosa Loera^a

^a Dpto. de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México

Abstract

The breeding programs focused in obtaining hybrids must have at least an outstanding germplasm group (GG), whose inbred offspring shows heterosis when mating with lines or simple-crosses of other groups; it is also desirable to have information on ideal testers that belong to germplasm groups with good combination, to select lines of outstanding behavior in agronomic traits. In this study, 10 elite lines derived from the most representative and outstanding maize group of Instituto Mexicano del Maíz of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, denominated dwarf maize. These lines were mated with 28 simple-crosses (testers) representative of four GG that have been identified as complementary to the dwarf maize group. The objective was to detect the ideal tester for six agronomic traits by associating this ability with the greater values of <F> obtained in the analysis of variance by tester and agronomic trait. 255 top-crosses were generated; these crosses were evaluated during 2006 in two sites: Celaya, Guanajuato and El Prado, Nuevo Leon, under an incomplete block design. The results indicate that it exist a significant statistical difference between testers for the evaluated traits, this means, and that at least one is different from the rest. Nevertheless, this is not correlated with its capacity of discrimination. For this reason, it was necessary to compare the treatment values of <F> of the evaluated trait in the 28 testers. As synthesis, the ideal tester for yield was tester 9 that belongs to GG QPM; for anthesis and silking dates the ideal testers were 16, that belongs to the GG ideotype, and 20, that belongs to the GG elite; in the rate plant height – ear height it was tester 14, that belongs to the GG elite; in plants with *Fusarium* it was tester 4, that belongs to the GG QPM; and for ears per plant it was tester 2, that also belongs to the GG QPM. We may conclude that this technique is efficient to identify testers suitable for each agronomic trait.

Keywords: *Zea mays* L., testcrosses, experimental hybrids

*Autor para correspondencia. Tel. y Fax: 844 4110220.
Correo electrónico: hleonc62@hotmail.com
(H. De León Castillo)

Resumen

Los programas de mejoramiento enfocados a la obtención de híbridos deben poseer al menos un grupo germoplásmico (GG) sobresaliente, cuyos descendientes endogámicos exhiban alta heterosis al cruzarse con líneas o cruza simples de otros grupos, también es deseable disponer de información sobre probadores adecuados, pertenecientes a los grupos germoplásmicos con que combine bien, para seleccionar líneas de buen comportamiento por variable agronómica. En este estudio 10 líneas élite pertenecientes al grupo más sobresaliente y representativo del IMM de la UAAAN denominado maíz enano, se aparearon con 28 cruza simples (probadores) representativas de cuatro GG identificados como complementarios al maíz enano, con el objetivo de detectar probadores ideales para seis variables agronómicas, asociando esta habilidad con los mayores valores de $\langle F \rangle$ estimados en los análisis de varianza por probador y variable. En total se generaron 255 híbridos triples, mismos que fueron evaluados durante el 2006 en dos localidades: Celaya, Guanajuato y El Prado, Nuevo León, bajo un diseño de bloques incompletos. Los resultados indican que entre los probadores existe diferencia estadística significativa en las variables evaluadas, es decir, que agronómicamente al menos uno es diferente al resto. Sin embargo esto no está correlacionado con su capacidad de discriminación por lo que fue necesario comparar los valores de $\langle F \rangle$ por variable evaluada de los 28 probadores para la fuente tratamientos, en síntesis los probadores identificados como ideales fueron: para rendimiento el 9 perteneciente al GG QPM; en días a floración masculina y femenina el 16 del GG ideotipo y 20 del GG élite; en la relación altura de planta-mazorca fue el probador 14 del GG élite; en plantas con Fusarium fue el 4 del grupo QPM; y para prolificidad fue el identificado como 2 del GG QPM. Concluyéndose que esta técnica es eficiente para identificar probadores adecuados para cada variable.

Palabras clave: *Zea mays* L., cruza de prueba, híbridos experimentales

Introducción

En el programa de mejoramiento del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se cuenta con un germoplasma de sobresaliente comportamiento agronómico tanto de manera *per se* como en combinaciones híbridas, con amplia plasticidad de adaptación y se distingue del resto del germoplasma porque todas sus plantas portan el gen braquíptico ($br_2 br_2$) en condición homocigótica, a este grupo se le identifica por maíz enano y de él se han generado variedades sintéticas y derivado progenies endogámicas que actualmente son progenitoras de híbridos comerciales.

La información de que el gemoplasma de maíz enano muestra una excelente capacidad de combinación con materiales normales de cuatro grupos germoplásmicos (GG) es reportada por De León *et al* (2005), sin embargo, a la fecha es necesario hacer un análisis que permita conocer cuales son los probadores ideales para identificar las líneas de mayor potencial para programas de hibridación.

Por esta razón a partir de 255 híbridos triples formados entre el cruzamiento de las 10 líneas derivadas del grupo de maíz enano, con 28 cruza simples que representan GG denominados: tropical élite, ideotipo y QPM, en este estudio a partir de las cruza de prueba se planteó el objetivo de: determinar cuales son los probadores dentro de los GG que poseen mayor poder de discriminación entre las líneas.

Menz *et al.*, (1999) mencionan que los híbridos simples usados para clasificar líneas (probadores), presentan ventajas prácticas, entre las que destaca la posibilidad de detectar híbridos triples con potencial comercial. Por ello en este trabajo todos los probadores son cruza simples, además de lo anterior se debe agregar que el emplear cruza simples como probadores se logra obtener mayor cantidad de semilla por cruzamiento.

Para clasificar el poder discriminatorio de los probadores intuitivamente, podríamos comparar las varianzas de dos probadores, σ_1^2 y σ_2^2 , utilizando la razón de las varianzas muestrales $\frac{s_1^2}{s_2^2}$ si el resultado de esta razón es casi igual a 1, se tendrá poca evidencia para indicar que σ_1^2 y σ_2^2 no son iguales. Por otra parte, un valor muy grande o muy pequeño de esta razón proporcionará evidencia de una diferencia en las varianzas de las poblaciones.

El valor de F es el cociente de dos variables aleatorias ji-cuadrada independientes, cada una dividida entre sus respectivos grados de libertad. Esto es,

$F = \frac{U/v_1}{V/v_2}$ Donde U y V son variables aleatorias ji-cuadrada independientes con grados de libertad v_1 y v_2 respectivamente.

Materiales y Métodos

El material genético consistió en 255 híbridos triples producto del cruzamiento de 10 líneas de grupo germoplásmico (GG) de maíz enano, con 28 cruza simples (probadores) representativas de cuatro GG. El número de cruza simples con que participó cada uno de los grupos es el siguiente: el GG QPM con nueve (con claves del 1 a 9); el élite con siete (claves del 10 a 16); el ideotipo con siete (claves del 17 a 23); y el tropical con cinco. (Claves del 24 al 28).

El grupo de maíz enano ha sido descrito por De León (2005) como el germoplasma más sobresaliente y representativo del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro el cual está constituido por plantas braquíticas ($br_2 br_2$), y se caracteriza por soportar altas densidades de siembra; poseer plasticidad de adaptación a climas variados; exhibe madurez diversa por lo que se pueden encontrar familias precoces e intermedias; entrenudos cortos debajo de la mazorca; hojas breves y erectas; espigas compactas; grano dentado; y excelente respuesta a los insumos agrícolas y a las combinaciones con material no emparentado.

Los cruzamientos entre líneas y probadores se realizaron en el campo experimental de Tepalcingo, Morelos en el ciclo Otoño-Invierno 2005, en donde las líneas se utilizaron como machos de las cruza simples de los otros grupos restantes. Los 255 híbridos triples, fueron evaluados en 2006 en dos localidades: Celaya, Guanajuato y El Prado, Nuevo León. El diseño de siembra en cada experimento fue en bloques incompletos con un arreglo alfa-látice con dos repeticiones por localidad. La parcela experimental consistió en un surco con 21 plantas separadas a 0.19 m, con una distancia entre surcos de 0.75 m.

Los datos recopilados de las variables fueron los siguientes: rendimiento en mazorca al 15.5% de humedad; días transcurridos de la siembra a la floración masculina y femenina; relación existente entre la altura de la planta y la mazorca; total de plantas dañadas con Fusarium; y número de mazorcas por cien plantas (prolificidad). Mismos que fueron analizados bajo el diseño de bloques completamente al azar a través de ambientes, siguiendo la estrategia de línea por probador, con una rutina para SAS bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + L_k + P_l + LP_{kl} + \alpha L_{ik} + \alpha P_{il} + \alpha LP_{ikl} + \xi_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; α_i = efecto de la i-ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = efecto de j-ésimo bloque dentro de la i-ésima localidad; L_k = efecto de la k-ésima línea; P_l = efecto del l-ésimo probador; LP_{kl} = efecto de la k-ésima línea en el l-ésimo probador; αL_{ik} = efecto de la k-ésima línea por la i-ésima localidad; αP_{il} = efecto del l-ésimo probador por la i-ésima localidad; αLP_{ikl} = efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador por la i-ésima localidad; ξ_{ijkl} = efecto del error

Para elegir los probadores que detecten mayor variabilidad en las líneas bajo discriminación, por variable analizada fue necesario estimar valor de <F> en los análisis de varianza de cada una de los probadores para el efecto “tratamientos”. Lo que requirió una serie de análisis de varianza dentro de probadores a través de localidades, con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{j(i)} + T_j + TL_{i(k)} + E_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; L_i = efecto de la i-ésima localidad; $R_{j(i)}$ = efecto de la j-ésimo repetición dentro de la i-ésima localidad; T_k = efecto del k-ésimo tratamiento; TL_{ik} = efecto del k-ésimo tratamiento por la i-ésima localidad; E_{ijk} = efecto del error.

Donde el criterio de selección es que el valor estimado de <F> fuera mayor de uno en las relaciones de varianzas $\frac{S_1^2}{S_2^2}$.

Resultados y Discusión

Análisis línea por probador

Debido a que en el análisis de varianza combinado a través de localidades de las cruza de prueba detectaron diferencias significativas en la fuente de híbridos en la variable de mayor interés económico “rendimiento” (datos no incluidos), se realizó un análisis de línea por probador. En el Cuadro 1 se presentan las significancias detectadas en cada una de las cuatro combinaciones.

Cuadro 1. Significancia de las fuentes de variación para cada una de las cuatro combinaciones en seis variables agronómicas de interés

F.V.	ENANO x QPM						ENANO x ÉLITE					
	R	DFM	DFP	AMA PA	PF	PROL	R	DFM	DFP	AMA PA	PF	PROL
L	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
P	**	**	**	**	**	**	**	**	**		**	**
L*P	**	*	*			**						
L*loc	**	**	**	*	**	**	**				**	
P*loc		**	**		**		*					
L*P*loc	*					*						
	ENANO x IDEOTIPO						ENANO x TROPICAL					
L	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
P	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
L*P	**		**		**	**			*			
L*loc	**			**	**	*	**	**	**		**	
P*loc	**						**	**	**		**	**
L*P*loc					*							

R= Rendimiento, L= Línea, P= Probador, loc= localidad

Las “líneas” presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$), en las cuatro combinaciones germoplásmicas (CG) en las variables analizadas, por esta variación se infiere que las líneas poseen diferente comportamiento, lo que genera la oportunidad de seleccionar entre ellas. Por su parte las significancias estadísticas observadas en el efecto de “probador” en las cuatro CG, es indicativo de que estos difieren en comportamiento, lo cual permitirá la identificación de aquéllos que exhiban mayor potencial de discriminación, como lo reportaron Vasal *et al.* (1992).

Para las variables donde “línea*prob” detecte diferencias significativas, quiere decir que las líneas cambian de comportamiento cuando se cruzan con diferentes probadores. Esto crea la necesidad de identificar, de forma particular, líneas y probadores que muestren una buena combinación. Vencovsky y Barriga (1992) señalan que la interacción de línea por probador es indicativo de que existen diferencias en los efectos de aptitud combinatoria específica, los cuales son importantes para seleccionar híbridos superiores.

Las variables que muestran diferencias estadísticas significativas para “línea*loc” y “prob*loc”, indican que el orden que guardan las líneas y probadores involucrados, no son los mismos por localidad, por no tener capacidad de amortiguar las cambiantes condiciones ambientales, es decir, no tienen estabilidad. Lo que según Yan *et al.*, (2000), amerita un estudio más detallado donde se considere e incluya el efecto de la interacción durante la selección. Por otro lado, las variables que no fueron significativas indican que el orden y valor relativo de los genotipos son estables en la expresión de esas variables.

Selección del probador ideal

Para identificar el probador con mayor poder de discriminación para cada variable se empleó como criterio de selección, aquéllos que exhibieran los valores más altos de $\langle F \rangle$.

En el Cuadro 2, se concentran los 28 probadores y el número de líneas con que se cruzaron y los valores de $\langle F \rangle$ por cada variable donde se puede sintetizar que para la variable rendimiento el probador que exhibe el valor más alto de $\langle F \rangle$ es el 9 del grupo QPM al que se le consideró como el probador de mayor habilidad de discriminación, esta variable siempre ha sido la preocupación central de los diferentes programas de mejoramiento quienes constantemente están haciendo pruebas de habilidad combinatoria mediante diseños de apareamiento. Sin embargo el uso de probadores adecuados hace más eficiente la obtención de resultados.

Cuadro 2. Valores de $\langle F \rangle$ para líneas enanas dentro de cada probador del análisis de varianza combinado para seis variables agronómicas de interés.

PROB	# de líneas	REND	DFM	DFF	AMAPA	PF	PROL
Probador QPM							
1	10	1.39	2,87	2.68	0.41	0.80	2.19
2	9	3.07	3.54	3,24	2.38	0.81	17.12
3	9	1.38	1.58	1.25	1.10	0.67	0.89
4	9	2.12	2.43	1.88	1.29	3.28	2.51
5	10	1.65	2.63	3.83	0.75	1.61	2.38
6	9	2.3	1.83	2.23	1.79	1.44	1.86
7	10	2.21	4.34	4.21	0.52	1.04	2.60
8	9	3.07	0.79	0.67	1.35	0.74	1.03
9	9	6.76	1.01	0.91	0.73	0.23	2.01
Probador élite							
10	9	1.89	1.66	1.65	0.36	0.27	1.54
11	9	0.54	2.9	2.58	0.86	0.61	2.71
12	9	1.06	2.45	2.3	0.73	1.27	2.15
13	9	2.2	2.13	0.9	1.54	0.99	5.12
14	9	0.84	2.99	1.26	2.89	2.12	1.52
15	9	1.78	1.01	0.9	0.46	1.14	1.31
16	9	1.01	6.48	4.39	1.29	1.33	1.87
Probador ideotipo							
17	9	2.12	1.71	1.75	1.55	1.12	0.33
18	9	3.22	1.39	1.17	1.95	0.26	2.23
19	8	1.82	2.29	3.28	0.32	1.27	1.19
20	8	3.85	3.84	6.16	0.73	1.7	0.96
21	9	1.62	1.74	2.62	0.88	0.81	0.74
22	9	3.37	4.87	3.66	0.93	0.81	1.17
23	9	4.42	1.68	1.63	0.31	0.67	0.5
Probador tropical							
24	10	0.7	4.46	3.29	0.94	1.71	1.73
25	9	1.33	2.6	2.67	1.01	1.47	0.75
26	10	1.73	1.95	2.17	0.91	1.86	0.92
27	9	0.82	1.13	1.16	1.58	3.16	3.02
28	9	3.13	2.75	2.28	0.86	0.71	1.78

gl= grados de libertad. REND= rendimiento de mazorca; DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AMAPA= altura de mazorca planta; y PROL= prolificidad.

Para días a floración masculina y femenina los probadores ideales son el 16 del grupo élite y el 20 del grupo ideotipo este tipo de probadores son imprescindibles en todo programa formal de mejoramiento debido a que los materiales que además de rendidores sean precoces son más atractivos a los productores ya que reducen el tiempo de estancia en el terreno, lo cual se traduce e menor consumo de agua, menor exposición a los riesgos bióticos y abióticos ocasionando una mayor eficiencia del cultivo.

En este momento el mejorador además de atributos agronómicos busca materiales estéticos donde la posición de la mazorca en relación al dosel total de la planta juega un importante papel, ya que además de la agradable presentación que ofrecen las plantas con mazorcas bajas, se gana resistencia al acame de raíz y tallo, para este fin el probador recomendado es el 14 del grupo élite, logrando una amplia discriminación del material bajo prueba facilitando la identificación de líneas que hereden plantas con mazorcas por debajo de la mitad de la altura total de la planta.

Para plantas con claros daños de *Fusarium* el probador ideal cae dentro del grupo QPM y es el 4, este tipo de probador es necesario pues actualmente los híbridos liberados por el IMM no poseen adecuados niveles de resistencia a las desventajas ocasionadas por *Fusarium spp* y una buena alternativa es identificar líneas tolerantes a los daños de este hongo sin necesidad de hacer uso de inoculaciones artificiales.

En lo referente a identificar líneas que produzcan más de una mazorca por planta (la variable prolificidad) el probador con mayor poder de discriminación es el 2 del grupo QPM.

Conclusiones

Los valores de <F> estimados por probador tienen una correlación positiva con la capacidad de discriminación y esta técnica es recomendable para identificar los probadores adecuados para cada variable.

Literatura Citada

- De León C., H. 2005. Estudio y clasificación de grupos germoplásmicos para la constitución de patrones heteróticos en maíz. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- De León-Castillo., H., F. Rincón-Sánchez., M. H. Reyes-Valdés., D. Sámano-Garduño., G. Martínez-Zambrano., R. Cavazos-Cadena y J. D. Figueroa-Cárdenas. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 28(2): 135-143.
- Menz, M.A., A.R. Hallauer, and W.A. Russell. 1999. Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and BS22 maize populations. Crop Sci. 39:89-97.
- Vasal, S.K.; Srinivasan, G.; Pandey, S.; Cordova, H.S.; Han, G.C.; Gonzalez, C.F. 1992. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. Maydica, Bergamo, v.37, p.259-270.
- Vencovsky R. & P. Barriga. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirao Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 486 p.
- Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci. 40:597-605.