

EVALUACION DE LA TOLERANCIA DE SORGO HIBRIDO *Sorghum bicolor* (L.) Moench EN SUELOS ACIDOS

Humberto Caicedo C.*

Catalino I. Flores **

Henry Vanegas A **

COMPENDIO

Existen en el mundo millones de hectáreas de suelo inexploradas, debido a limitantes como el grado de acidez y la fitotoxicidad por aluminio y manganeso. Una alternativa práctica y racional sería la obtención de materiales mejorados utilizando parentales tolerantes a la acidez. Se pretende verificar si es posible obtener híbridos tolerantes a suelos ácidos mediante el cruzamiento de líneas androestériles susceptibles con líneas restauradoras de la fertilidad tolerantes, con lo cual facilitaría la producción de semilla en suelos fértiles. Al evaluar los híbridos formados con dos líneas-A y nueve líneas-R, se encontraron combinaciones altamente promisorias como B-Yellow-PI x MN-4508 (4548 kg/ha). Los híbridos formados con la línea B-Yellow-PI fueron superiores en suelos ácidos.

ABSTRACT

Exist in the world, millions of acres of unexploited soil, due to the grade of acidity of the soil, and with aluminum and manganese at toxic levels. There is a practical and rational alternative; it would be the obtaining of improved materials, using parentals able to tolerate the acidity. We seek to verify if it is possible to obtain hybrids able to tolerate the acidity of the soil, through the mixing of A-lines susceptible with R-lines tolerance, which will make easier the seed production on fertile soils. The hybrids resulting of the cross of two A-lines and nine R-line were evaluated. One of the best combination was B-Yellow-PI x MN-4508 (4548 kg/ha). All the hybrids that involve the line B-Yellow-PI were better in all the combinations both in acid and productive soils.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** CIMMYT/CIAT. A.A. 6713, Cali. Colombia.

1. INTRODUCCION

La región central de tierras bajas del trópico de América del Sur, que incluyen la Amazonía, los Llanos de Colombia y Venezuela, el Cerrado del Brasil, las pampas de Bolivia y otras áreas menores, es en la actualidad una de las mayores extensiones de tierras inexploradas del mundo y, por consiguiente, una gran reserva potencial para la producción de alimentos.

Las principales limitaciones para la explotación se deben al grado de acidez y fitotoxidad por aluminio, donde el encalado de los suelos hasta una acidez adecuada raramente resulta económico, si no imposible.

En el trabajo se pretendió verificar si es posible obtener híbridos de sorgo tolerantes a la acidez, con lo cual se facilitarían la producción de semillas en suelos fértiles, que cuentan con mejor infraestructura.

Específicamente el trabajo se realizó con el fin de evaluar la habilidad entre nueve líneas restauradoras de la fertilidad, tolerantes a la acidez del suelo, al cruzarse con dos líneas androestériles susceptibles y caracterizar los efectos de la acidez sobre los componentes del rendimiento de los híbridos resultantes.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se desarrolló en el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT con una precipitación anual promedio de 1000 mm (Cruz y Muñoz, 3) y en la Estación Experimental de Santander de Quilichao (Cauca), con una precipitación anual en promedio de cuatro años de 1803 mm (CIAT, 1). Las características químicas de los lotes utilizados en el ensayo se encuentran descritas en el Cuadro 1.

Los 18 híbridos (Cuadro 2) se obtuvieron mediante el cruzamiento de dos líneas-A (con androesterilidad citoplasmática) y nueve líneas-R (restauradoras de la fertilidad). Dichos híbridos fueron asignados en un arreglo de parcelas divididas dispuestas en bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad.

Los materiales se sembraron en dos surcos contiguos de 3 m, separados 0.6 m y 0.1 m entre plantas en Palmira (suelo fértil) y en Santander de Quilichao (suelo ácido), en el cual hacía tres años se había aplicado 1.5 t/ha de cal dolomítica.

Los caracteres cuantificados a la cosecha fueron número de plantas, número de panículas, macollamiento, días a floración, altura de planta des-

Cuadro 1

Características del suelo de los sitios experimentales

Características	CIAT -Palmira	CIAT -Santander de Quilichao	
		Antes de la siembra	A la cosecha
Al, meq/100 g de suelo	0.00	2.75	3.50
Ca, "	21.60	1.93	1.25
Mg, "	10.90	0.68	0.33
K, "	0.66	0.34	0.14
P (Bray II), ppm	60.00	20.40	4.60
M.O., o/o	2.67	7.50	6.60
pH	7.00	4.10	4.10
o/o saturación de Al	0.00	48.20	67.05

Cuadro 2

Material parental usado en el experimento

<u>Código</u>	<u>Genealogía</u>	<u>Origen /Descripción</u>
<u>Línea R</u>		
1	M-91057-117	—
2	M-35585	—
3	PPQ-2	Filipinas
4	PPQ-4	Filipinas
5	GPR 168 XCS-170-6-1-1	ICRISAT
6	I56-P-5-SERERE-1	Uganda
7	3DX57/1/1/Ø10	Uganda
8	MN-4508	Mississippi
9	IS-2742	Uganda
<u>Línea A</u>		
1	A TX-623	Texas
2	A B-Yellow-PI	Mississippi

pués de la madurez fisiológica, peso de 100 semillas, rendimiento por panícula, número de semillas por panícula, longitud de la panícula, rendimiento en grano y masa de raíz (diámetro del segundo entrenudo y número de raíces por planta). Las muestras de suelo se tomaron para analizar los niveles de Al, Ca, Mg, K, P, pH y materia orgánica, a 30 cm de profundidad.

El modelo estadístico consideró datos por localidad y combinando localidades (Steel y Torrie, 6). Con base en los modelos se efectuaron los análisis de variancia (Cuadro 3 y 4). Se estimaron los cuadrados medios esperados (CME) por el método de Schultz (5). Las pruebas de F, para probar la significancia entre las diferentes fuentes de variación, se hicieron mediante la relación de cuadrados medios descritos en las mismas tablas. Para diferenciar entre promedios de tratamientos se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS).

Los componentes de variancia para las diferentes fuentes de variación y sus errores estándar se calcularon siguiendo la metodología propuesta por Comstock y Moll (2). Solamente se estimaron los componentes de variancia por localidad, ya que la información proveniente del análisis combinado no resulta útil o tal vez la interpretación no es fácil; además hay que tener presente que los componentes estimados por localidad están afectados por la interacción genotipo x ambiente.

La habilidad combinatoria general (HCG) se calculó para las líneas-A y para las líneas-R. Los estimativos de la HCG de una línea-A se obtuvieron en términos de su desempeño en las combinaciones híbridas F_1 con todas las líneas R posibles. Así mismo, la HCG de una línea-R se determinó en relación con su desempeño en las combinaciones híbridas con todas las líneas-A posibles. La habilidad combinatoria específica se calculó para todos los caracteres en los cruzamientos resultantes.

Se estimó la correlación entre las variables mediante la fórmula de Steel y Torrie (6).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Según el comportamiento de las líneas-R en Santander de Quilichao (suelo ácido) y en la localidad testigo (Palmira), se puede inferir que las condiciones de acidez reinantes en los suelos de Santander de Quilichao influyeron directamente sobre todos los caracteres agronómicos evaluados, presentándose por esta causa reducciones en los valores promedios de todas las variables excepto en días a floración. Hay que resaltar que en Santander de Quilichao las líneas-R más sobresalientes respecto a su potencial de rendimiento (líneas con potencial genético para tolerancia a la acidez) fueron en

Cuadro 3

Forma del análisis de variancia por localidad

F. de variación	gl		CM	CME	Fc
Repetición	$r - 1$	2			
Línea - A (A)	$a - 1$	1	M_5		M_5 / M_4
Error a	$(r - 1)(a - 1)$	2	M_4		
Línea - R (R)	$b - 1$	8	M_3		M_3 / M_1
A x R	$(a - 1)(b - 1)$	8	M_2		M_2 / M_1
Residual	$a(r - 1)(b - 1)$	32	M_1		
Total	$rab - 1$	53			

r = Número de repeticiones

a = Número de líneas-A en cada repetición.

b = Número de líneas-R en cada repetición.

$M_{\text{sub-índice}}$ = Valor del cuadrado medio para el efecto del sub-índice.

Cuadro 4

Forma del análisis de variancia combinado

F. de variación	gl		CM	CME	Fc
Localidad (L)	$l - 1$	1			
Repetición x L	$(r - 1)l$	4			
Línea-A (A)	$a - 1$	1	M_8	$\sigma^2_e + a\sigma^2_{el} + brl\theta^2_a$	M_8 / M_7
A x L	$(a - 1)(l - 1)$	1	M_7	$\sigma^2_e + a\sigma^2_{el} + br\theta^2_{al}$	M_7 / M_6
Error a	$(a - 1)(r - 1)l$	4	M_6	$\sigma^2_e + a\sigma^2_{el}$	
Línea-R (R)	$b - 1$	8	M_5	$\sigma^2_e + arl\theta^2_b$	M_5 / M_4
R x L	$(b - 1)(l - 1)$	8	M_4	$\sigma^2_e + ar\theta^2_{bl}$	M_4 / M_1
A x R	$(a - 1)(b - 1)$	8	M_3	$\sigma^2_e + rl\theta^2_{ab}$	M_3 / M_2
A x R x L	$(a - 1)(b - 1)(l - 1)$	8	M_2	$\sigma^2_e + r\theta^2_{abl}$	M_2 / M_1
Residual	$(r - 1)(b - 1)al$	64	M_1	σ^2_e	
Total	$rabl - 1$				

su orden la R₈ (3901 kg/ha), R₇ (3622 kg/ha), R₁ (3610 kg/ha) y R₉ (3536 kg/ha); además de que ellas se encontraron entre las más precoces y de porte intermedio, las cuales son condiciones deseables. El desempeño de estas líneas-R permite clasificarlas como buenos combinadores generales (Hokstra, 4), las cuales es de esperarse combinen y rindan bien cuando se utilicen con líneas-A contrastantes para obtener materiales mejorados (híbridos) para suelos ácidos con fitotoxicidad por aluminio.

Por su parte, confrontando el comportamiento de las líneas A-TX-623 y B-Yellow-PI en ambas localidades, se observó que en Palmira (suelo fértil) el desempeño de las dos líneas-A fue similar para todos los caracteres evaluados debido posiblemente a que las condiciones de fertilidad hicieron posible la expresión del potencial genético que ha caracterizado a esas líneas. En Santander de Quilichao, las medias fenotípicas de la línea B-Yellow-PI superaron a las de la línea A-TX-623 en la mayoría de caracteres como rendimiento (3784 kg/ha), peso de 100 semillas (2.45 g), y número de semillas por panícula (895), que la muestran como un parental con efectos complementarios para tolerancia a la acidez. Por ello, la mayoría de los híbridos formados con la línea B-Yellow-PI tuvieron mayores valores promedios que aquellos formados con la línea A-TX-623 para la mayoría de los caracteres en ambas localidades.

Los híbridos en condiciones de acidez redujeron las medias fenotípicas en caracteres como rendimiento, altura de planta, peso de 100 semillas, número de semillas por panícula, entre otros; indicando que dichos caracteres son afectados en su expresión genética por la acidez de los suelos. Sin embargo, el híbrido más rendidor en Santander de Quilichao fue el resultante del cruzamiento de B-Yellow-PI x MN-4508 (4548 kg/ha).

Los resultados del análisis de variancia evidencian el comportamiento diferencial de las líneas-A en Santander de Quilichao, en cuanto a rendimiento y semillas por panícula; más no así en Palmira lo cual se logró verificar con las medias fenotípicas; esta variación es mucho más marcada en días a floración y en rendimiento por panícula.

La variación entre las líneas-R también fue significativa (al 5 o/o) para rendimiento en condiciones de acidez y altamente significativa (al 1 o/o) en cuanto a días a floración, altura de planta, peso de 100 semillas, rendimiento por panícula y longitud de la panícula. Este hecho permite sugerir el que se utilice mejoramiento poblacional entre las líneas-R de mayor habilidad combinatoria general para explorar la variancia aditiva de dichos materiales y posteriormente utilizarlos en combinaciones híbridas deseables.

La interacción líneas-R x líneas-A, que indica la habilidad combinatoria específica, no resultó significativa para rendimiento en condiciones de acidez, mientras que para características como días a floración, altura de planta y peso de 100 semillas si fue altamente significativa. La información manejada a través del análisis de variancia mostró coeficiente de variación bastante aceptables, excepto para la característica masa de raíz, en la cual no se hizo ningún comentario confiable.

Respecto a los componentes de variancia, el comportamiento presentado por los machos en Santander de Quilichao, indica que su tolerancia a la acidez involucra principalmente efectos genéticos aditivos para la mayoría de los caracteres; debido a la importancia de la aditividad en cuanto a la tolerancia al aluminio, se insiste en hacer mejoramiento poblacional con dichas líneas-R y así poder conseguir parentales aún más promisorios para condiciones de suelos ácidos.

En la localidad de Palmira, también los machos mostraron mayormente efectos genéticos aditivos y tuvieron un comportamiento agronómico superior al obtenido en Santander de Quilichao, lo cual es explicable por las diferencias existentes entre las condiciones químicas de los suelos de ambas localidades y el efecto deprimente de la acidez sobre las principales características agronómicas. La relación entre la sumatoria de las variancias de habilidad combinatoria general de hembras y machos, y la variancia de habilidad combinatoria específica indicó que para el caso de rendimiento es confusa y probablemente incluye efectos complementarios de aditividad, dominancia y epistasis, ya que las habilidades combinatorias general y específica contribuyen significativamente en el rendimiento (Hookstra, 4).

La correlación negativa, en Santander de Quilichao, entre floración y rendimiento permite inferir que con estos parentales se pueden obtener híbridos precoces sin sacrificar rendimiento, lo cual es una condición deseable en la búsqueda de materiales tolerantes a la acidez, para obtener materiales de floración temprana con buen período de llenado de grano adaptándose cada vez mejor a las condiciones climáticas imperantes que caracterizan este tipo de regiones.

La correlación negativa (-0.32) entre altura de planta y longitud de la panícula, indica que los materiales altos presentaron una panícula más pequeña, aunque estos materiales rindieron bien.

4. CONCLUSIONES

4.1. El cruzamiento de las líneas susceptibles (A-TX-623 y B-Yellow-PI) con líneas-R tolerantes a la acidez mostró que es una alternativa facti-

ble para la obtención de híbridos tolerantes a suelos ácidos.

- 4.2. La condición de acidez del suelo redujo drásticamente la expresión de caracteres como el rendimiento y sus componentes, altura de planta y longitud de la panícula.
- 4.3. El mejoramiento poblacional dentro de las líneas-R que mostraron mayor habilidad combinatoria general (MN-4508, M-91057-117, IS-2742, 3DX51/1/1/910) se puede constituir en un método racional y práctico para obtener variedades promisorias y mejores parentales restauradores, para producir híbridos tolerantes a la acidez.
- 4.4. El híbrido más rendidor en Santander de Quilichao (suelo ácido) fue el resultante del cruzamiento de B-Yellow-PI x MN-4508 (4548 kg/ha). Otras combinaciones promisorias fueron: B-Yellow-PI x M-91057-117, B-Yellow-PI x 3DX51/1/1/910 y B-Yellow-PI x IS-2742.

5. BIBLIOGRAFIA

1. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual, 1976. p. B 74-B 77. (Serie HE-28).
2. COMSTOCK, E. E.; MOLL, R. H. Genotype environment interaction. In: HANSON, W. E.; ROBINSON, H. F. (ed.). Statistical genetics and plant breeding. Washington, NAS-NRC. Publ. 982. 1963. p. 164-196.
3. CRUZ, J. G.; MUÑOZ, J. E. Intento metodológico para la cuantificación de la estabilidad en genotipos de maíz *Zea mays* L., y el efecto de precipitación durante el período de floración. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1975. 115 p. (Tesis Ing. Agr.).
4. HOOKSTRA, G. H. Simultaneous evaluation of grain sorghum A-lines and random-mating populations with topcrosses. Lincoln, University of Nebraska, 1982. 94 p. (Thesis Ph. D.).
5. SCHULTZ, E. F. Rules of thumb for determining expectation of mean squares in analysis of variance. Biometrics. v. 11, p. 123-135. 1955.
6. STEEL, G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. New York, Mc. Graw-Hill, 1960.