

PA. 1 Comportamiento Agronómico y Producción Potencial de Ácido  
Cianhídrico (HCN-p) en Cruces Simples y  
Triples de Sorgo Forrajero y sus  
Progenitores.

Antonio Sotomayor Ríos,<sup>2</sup>  
Salvio Torres Cardona.

INTRODUCCION

La producción de sorgo forrajero (*Sorghum* spp.) ha tenido un aumento considerable en los países con una industria pecuaria avanzada. El éxito logrado con este cultivo se debe en gran medida, al desarrollo de híbridos comerciales de alta productividad los cuales han tenido buena aceptación.

El sorgo posee muchas características deseables y tiene algunas ventajas sobre las especies forrajeras tropicales. Entre las ventajas está su rápido crecimiento, excelente producción de forraje y gran adaptación a diversos suelos y condiciones ecológicas (5). Uno de los obstáculos en el uso del sorgo forrajero es su producción potencial de ácido cianhídrico (HCN-p), que puede en algunas ocasiones, ser perjudicial a los animales que ingieren el forraje si no se utilizan cultivares apropiados o si no se maneja el cultivo adecuadamente.

Existe muy poca información en los trópicos referente al efecto del HCN-p en animales y en cuanto a métodos para su determinación química. En Puerto Rico, Torres Cardona y otros (7) compararon cinco cruces simples y cinco cruces triples durante cuatro cortes y encontraron que los híbridos triples contenían en promedio un potencial menor de HCN que los híbridos simples.

La literatura referente al uso de cruces triples en términos de producción en comparación con cruces simples es limitada (3,4), Ross (4) en 1969 indicó que los cruces triples podrían tener rendimientos superiores a los de los cruces simples. La información obtenida recientemente por Torres Cardona y otros (7) y Sotomayor Ríos y otros (5) no verifican tal aseveración. El desarrollo de cruces triples requiere una generación adicional, factor que debe de considerarse al compararse éstos con los cruces simples. La obtención de cruces triples sería económicamente posible si la mayor producción de éstos fuera tal que justificara el tiempo y dinero invertidos en su desarrollo (5).

El objetivo de este estudio fue el de comparar la producción potencial de ácido cianhídrico (HCN-p) y otras características agronómicas en cinco cruces simples y siete cruces triples de sorgo forrajero.

- 
- 1) Trabajo presentado a La XXVIII Reunión Anual de PCMCA San José, Costa Rica, Marzo de 1982
  - 2) Geneticista y Agrónomo, respectivamente, Instituto Mayaguezano de Agricultura Tropical, USDA, ARS, S&E, Mayaguez, Puerto Rico 00709.

## MATERIALES Y METODOS

Los genotipos utilizados fueron los siguientes:

### Progenitores

Ay BRhodesian sudán  
A y BTx624  
Common y Greenleaf sudán

### Cruces simples

ATx624 x Common  
ATx624 x Greenleaf  
ATx624 x BRhodesian  
ARhodesian x BTx624  
ARhodesian x Common

### Cruces triples

(ATx624 x BRhodesian) x Common  
(ATx624 x BRhodesian) x Greenleaf  
ATx624 x (ARhodesian x Greenleaf)  
(ARhodesian x BTx624) x BRhodesian  
(ARhodesian x Common) x BRhodesian  
(ATx624 x Common) x Greenleaf  
(ATx624 x Common) x BTx624

Las líneas A y BRhodesian sudán fueron desarrolladas por Craigmiles (1) en Georgia y las líneas A y BTx624 fueron suministradas por la Estación Experimental de Texas, College Station, Texas. De ahora en adelante tanto las yerbas sudán Common y Greenleaf como A y BRhodesian se referirán simplemente como A y BRhodesian, Common y Greenleaf, respectivamente.

El experimento se realizó en 1980 y en 1981 en la finca experimental de Isabela del Instituto Mayaguezano de Agricultura Tropical (MITA) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (USDA). La finca experimental de Isabela se describe a continuación:

Localización : Noroeste de Puerto Rico  
Latitud : 18°28' 2" Norte  
Longitud : 63°3' 35" Oeste  
Altura : 128 m sobre el nivel del mar  
Clima : Semi-seco  
Temperatura promedio : 29.4°C (máxima)  
18.8°C (mínima)

Precipitación anual promedio	:	1,675 mm
Tipo de suelo	:	Oxisol (Coto)
Contenido de Materia orgánica	:	3%
Capacidad de Intercambio catiónico	:	23 meq./100g de suelo, aproximado
pH	:	5.5 aproximado

Se evaluaron cinco cruces simple, siete cruces triples y sus respectivos progenitores usando un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro replicaciones en cada uno de los dos años. La fecha de siembra del experimento fue el 17 de enero en 1980 y el 19 de marzo en 1981.

La producción de forraje, potencial de producción de HCN y demás caracteres agronómicos se evaluaron en tres cortes, el primero realizado a los 60 días después de la siembra y los subsiguientes a intervalos de 49 días. Las muestras de forraje verde de cada genotipo y en cada fecha de corte fueron analizadas para determinar el contenido de proteína cruda, materia seca y producción potencial de ácido cianhídrico en los laboratorios del Instituto Mayaguezano de Agricultura Tropical. El método utilizado para determinar el potencial de ácido cianhídrico está basado en medidas espectrofotométricas, similar al informado por Gorz y otros (2) según descrito por Torres Cardona y otros (7). Previo a cada corte se tomaron dos plantas al azar por hilera en cada tratamiento y se registraron los siguientes datos: altura de la planta (desde la base de la planta hasta el punto medio de la última hoja), ahijamientos por planta, área foliar por planta y razón hoja/tallo. El área foliar por planta se calculó mediante la fórmula largo x ancho de la segunda hoja desde el ápice x .747 x número de hojas/planta basado en el procedimiento desarrollado por Stickler y otros (6).

Los dos experimentos se regaron por aspersión según fue necesario. Para el control de malezas se aplicó como pre-emergente el yerbicida propazina a razón de 2 kg/ha de ingrediente activo inmediatamente después de la siembra. Antes de la siembra y después de cada corte se aplicó un abono completo (15-10-10) a razón de 500 Kg/ha.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontraron diferencias significativas entre años para las medias generales de altura de planta, área foliar, ahijamientos/planta, yHCN-p, excepto para razón hoja/tallo (Cuadro 1). Los genotipos fueron significativamente diferentes ( $P < .01$ ) para estos

caracteres así como la interacción genotipo x año para los mismos. En ambos años, los cruces simples ATx624 x Greenleaf y ATx624 X Common tuvieron la mayor altura de planta, el cruce triple (ATx624 x BRhodesian) x Common y el cruce simple ARhodesian x Common tuvieron la mayor área foliar y Greenleaf produjo el mayor ahijamiento/planta. Las líneas progenitoras A y BTx624 mostraron la mayor razón de hoja/tallo mientras que las líneas A y BRhodesian mostraron los valores más bajos en ambos años. El cruce simple ATx624 x Common mostró el valor más bajo de HCN-p en 1980 mientras que BTx624 lo fue en 1981.

Se encontraron diferencias significativas entre años para las medias de rendimiento en forraje verde, pero no en materia seca (Cuadro 2). El híbrido triple (ATx624 x BRhodesian) x Common tuvo los rendimientos más altos en forraje verde y seco en ambos años. El contenido de proteína cruda promedio fluctuó entre 13.1 en 1980 a 9.5 por ciento en 1981 y se encontraron diferencias significativas entre genotipos.

Las correlaciones simples entre los caracteres medidos fueron calculadas en cada año debido a que la interacción de año por genotipo fue significativa para todos los caracteres estudiados (Cuadro 3). El área foliar y altura de planta se correlacionaron positivamente ( $P < 0.1$ ) con producción de forraje verde, forraje seco y producción de proteína en ambos años. En el primer año el carácter ahijamientos/planta se correlacionó con producción ( $P < 0.05$ ) pero no en el segundo año. Igualmente la razón hoja/tallo y HCN-p tuvieron una correlación negativa con producción de forraje en 1980 pero no en 1981. En ambos años la altura de planta y área foliar tuvieron valores de correlación positivos y significativos ( $P < 0.1$ ) con producción de forraje, aunque las condiciones ambientales en cada experimento fueron distintas. En 1980 el experimento se sembró en enero y la tercera cosecha se llevó a cabo en junio. En 1981 el experimento se sembró en marzo y la tercera cosecha se llevó a cabo en agosto. En 1980 las plantas recibieron 145 mm menos de lluvia que en 1981. En adición, en 1980 las plantas estuvieron expuestas a un período de días cortos durante su crecimiento inicial. Estos dos caracteres podrían servir como criterio de selección en programas de mejoramiento de sorgo forrajero.

Las comparaciones ortogonales realizadas para todos los caracteres medidos en los progenitores, cruces simples y cruces triples no mostraron diferencias significativas en producción de forraje verde, forraje seco, proteína cruda y contenido de materia seca (Cuadro 4). Los cruces simple tuvieron promedios significativamente ( $P < 0.1$ ) superiores a los cruces simples, sólo en contenido de proteína cruda.

A pesar de que no se observaron diferencias significativas entre cruces simples y cruces triples en términos de producción de forraje, (ATx624 x BRhodesian) x Common probó ser el híbrido superior de todos los genotipos estudiados.

### RESUMEN

En la finca experimental de Isabela del Instituto Mayaguezano de Agricultura Tropical (MITA), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS-SSE) se llevó a cabo un estudio de campo de dos años (1980 y 1981) con el propósito de obtener información sobre altura de planta, área foliar, número de hijos/planta, razón hoja/tallo, potencial de ácido cianhídrico (HCN-p), producción de forraje verde, seco, proteína cruda; contenido de materia seca y porcentaje de proteína cruda en seis progenitores, cinco híbridos simples y siete cruces triples de sorgo forrajero. Para el estudio se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro replicaciones. Los progenitores femeninos usados fueron las líneas androestériles ATx624 (*S. bicolor* (L) Moench.) y ARhodesian (*S. arundinaceum*) con sus respectivos mantenedores. Como progenitores masculinos se utilizaron líneas de los cultivares de pasto sudán, "Common" y "Greenleaf". Los cruces simples se hicieron como AxR y AxB y los triples como (AxB)xR y (AxB)xB.

En promedio, los cruces triples no mostraron ser superiores a los cruces simples en términos de producción de forraje seco. Sin embargo, el cruce triple (ATx624 y BRhodesian) x Common fue significativamente superior a los restantes cruces triples, cruces simples y progenitores en términos de producción de forraje seco. Se encontraron diferencias significativas entre años para todos los caracteres estudiados excepto para contenido de materia seca y razón hoja/tallo. Los componentes de rendimiento, área foliar y altura de planta tuvieron una correlación positiva y significativa ( $P < .01$ ) con producción de forraje seco. Estos datos indican que es posible utilizar dichos caracteres como posibles criterios de selección en un programa de mejoramiento de sorgo forrajero.

Cuadro 1. Características agronómicas y contenido de ácido cianhídrico (HCN-p) en cruces simples y cruces triples de sorgo forrajero y sus progenitores durante 1980 y 1981.

Años	Altura de planta		Área foliar		Abijamientos/Planta		Razón Hoja/callo		HCN-p	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981
	cm		cm <sup>2</sup>		No.				ppm	
Y. S. D. (.05)	201	208	13,360	13,950	8.90	17.94	.4420	.4465	168	195
Genotipos	3.93		288.72		.7030		.0147		11.63	
<u>Progenitores</u>										
Rhodesian	204	201	5,853	8,979	9.0	17.6	.3189	.3427	239	234
ARhodesian	189	201	10,146	8,698	9.3	16.8	.3220	.3403	199	223
Common	187	100	7,150	14,265	8.3	32.5	.4467	.4307	158	249
Greenleaf	180	194	4,338	7,345	17.5	43.4	.4174	.4403	202	226
AR624	95	127	10,050	9,347	3.0	3.5	.6179	.6353	139	159
RTx624	95	121	9,810	8,856	3.0	3.9	.6165	.6389	177	130
<u>Cruces Simples</u>										
ATx624 x Greenleaf	235	233	17,088	21,236	7.8	21.7	.5287	.5360	131	201
ARhodesian x RTx624	229	233	17,206	19,131	10.0	15.6	.4272	.4268	198	167
ATx624 x Rhodesian	227	235	15,609	11,478	8.0	11.3	.3736	.3435	219	153
ARhodesian x Common	221	224	18,295	25,390	11.3	30.1	.4240	.4416	117	186
ATx624 x Common	220	288	22,991	24,007	11.0	20.0	.4492	.4355	108	147
<u>Cruces Triples</u>										
ATx624 x (ARhodesian x Greenleaf)	234	222	11,941	11,252	10.8	11.6	.4220	.4648	157	258
(ATx624 x Rhodesian) x Common	230	268	26,026	21,650	10.8	18.2	.4223	.4515	130	219
(ATx624 x Rhodesian) x Greenleaf	222	224	9,799	12,307	8.3	19.8	.3838	.3381	148	204
(ARhodesian x RTx624) x Rhodesian	219	215	12,376	10,051	9.5	12.8	.4011	.3988	224	164
(ARhodesian x Common) x Rhodesian	218	221	14,992	14,137	9.8	16.1	.3512	.3405	190	233
(ATx624 x Common) x Greenleaf	211	230	11,474	8,827	6.8	13.6	.4164	.4113	158	168
(ATx624 x Common) x RTx624	208	194	15,330	14,136	6.5	15.1	.6086	.6208	123	180
L. S. D. (.05)	10.97		1148		2.12		.0208		26.46	

Cuadro 2. Producción de forraje, contenido de materia seca y proteína cruda en cruces simples, y cruces triples de sorgo forrajero y sus progenitores durante 1980 y 1981.

Años	Producción forraje verde		Producción forraje seco		Contenido de materia seca		Contenido de proteína cruda		Producción de proteína cruda	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981
	kg/ha		kg/ha		%		%		kg/ha	
L.S.D. (.05)	79,512	118,172	11,591	17,214	14.4	14.5	11.50	11.01	1,330	1,844
Genotipos	2,503		175		.09		.32		51	
<b>Progenitores</b>										
ARhodesian	64,615	84,129	9,617	11,967	14.6	14.2	11.76	10.23	1,095	1,227
Common	63,161	32,581	9,250	4,773	14.5	14.6	10.66	12.35	983	618
RRhodesian	56,755	77,334	8,053	11,268	14.2	14.4	10.84	12.25	867	1,321
Greenleaf	55,091	103,266	7,461	15,486	13.6	14.8	10.64	11.21	791	1,765
ATx624	50,531	61,074	6,805	8,713	13.4	14.2	12.75	13.06	874	1,220
BTx624	46,076	54,491	6,909	7,618	13.5	14.0	10.78	13.07	752	1,032
<b>Cruces Simples</b>										
ARhodesian x Common	101,294	148,490	14,814	21,298	14.7	14.3	10.83	10.97	1,591	2,284
ATx624 x Common	97,073	183,128	14,320	26,271	14.8	14.4	11.78	9.51	1,690	2,477
ARhodesian x BTx624	92,911	113,886	13,527	16,306	14.3	14.3	11.46	11.21	1,548	1,774
ATx624 x RRhodesian	92,247	110,332	13,878	16,405	15.0	14.9	11.20	10.66	1,544	1,738
ATx624 x Greenleaf	90,871	145,276	13,721	21,719	15.0	14.9	10.60	11.25	1,460	2,452
<b>Cruces Triples</b>										
(ATx624 x RRhodesian) x Common	114,329	189,171	15,433	28,402	13.5	15.0	12.21	10.0	1,873	2,843
ATx624 x (ARhodesian x Greenleaf)	87,672	139,522	12,762	20,022	14.2	14.3	10.97	10.28	1,398	2,015
(ARhodesian x BTx624) x RRhodesian	87,659	124,539	13,412	18,569	15.3	14.9	11.66	9.83	1,575	1,874
(ATx624 x RRhodesian) x Greenleaf	87,555	151,415	13,660	21,531	15.6	14.2	11.10	10.53	1,522	2,231
(ARhodesian x Common) x RRhodesian	86,577	131,778	12,938	19,359	14.9	14.7	12.09	9.75	1,560	1,897
(ATx624 x Common) x BTx624	78,429	12,399	11,447	18,820	14.6	14.5	12.61	12.02	1,443	1,872
(ATx624 x Common) x Greenleaf	78,368	147,294	10,633	21,331	13.6	14.4	13.07	11.98	1,382	2,557
L.S.D. (.05)	7,263		1,220		5,133		.82		170	

Cuadro 3. Correlaciones simples entre productividad, contenido de ácido cianhídrico (HCN-p) y características agronómicas en cruces simples y cruces triples en sorgo forrajero y sus progenitores durante 1980 y 1981.

	Producción forraje verde		Producción forraje seco		Producción paja cruda		Altura de planta		Área foliar		Ahijamientos planta		Razón Hoja/tallo		Contenido de materia seca			
	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981	1980	1981		
Contenido de proteína cruda	.10	-.62**	.02	-.62**	.26*	-.30**	-.08	-.61**	.29*	-.31*	.17	-.35**	-.20**	-.14	-.22	-.06	-.22	-.20
Contenido de materia seca	.39**	.20	.54**	.28*	.46**	.29*	.52**	.21	.13	.10	-.34	-.12	.07	.20	.05	.11		
HCN-p	-.34*	-.04	-.31*	-.04	-.34*	-.07	-.03	-.04	-.51	-.08	-.50**	-.33**	.13	.41**				
Ahijamientos/planta	.29*	.08	.26*	.09	.19	.07	.49**	.09	.06	.24*	-.52**	-.29*						
Razón hoja/tallo	-.28*	-.20	-.30*	-.20	-.24*	-.12	-.58**	.43**	.06	.04								
Área foliar	.82**	.58**	.77**	.58**	.81**	.52**	.45**	.54**										
Altura de planta	.78**	.89**	.79**	.89**	.83**	.83**												

\*, \*\* = Significativamente diferente de zero a P=0.05 y 0.01, respectivamente (72 d.f.).



Quadro 4. Comparaciones ortogonales de los análisis combinados de diez caracteres de progenitores ( $X_p$ ), cruces simples ( $X_{CS}$ ), cruces triples ( $X_{CT}$ ), de sorgo forrajero durante 1980 y 1981.

Caracteres	Progenitores vs cruces simples	Progenitores vs cruces triples	Cruces simples vs cruces triples
Altura de planta	**	**	**
$X_p = 158$			
$X_{CS} = 236$			
$X_{CT} = 223$			
Area foliar/planta	**	**	**
$X_p = 8,737$			
$X_{CS} = 19,243$			
$X_{CT} = 13,879$			
Razón hoja/tallo	**	**	**
$X_p = .4600$			
$X_{CS} = .4400$			
$X_{CT} = .4300$			
Ahijamientos/planta	**	**	**
$X_p = 13.93$			
$X_{CS} = 14.66$			
$X_{CT} = 12.10$			
HCN-p	**	**	**
$X_p = 195$			
$X_{CS} = 163$			
$X_{CT} = 182$			
Producción forraje verde	**	**	NS
$X_p = 62,425$			
$X_{CS} = 117,551$			
$X_{CT} = 116,693$			
Producción forraje seco	**	**	NS
$X_p = 8,993$			
$X_{CS} = 17,226$			
$X_{CT} = 17,023$			
Contenido de materia seca	**	**	NS
$X_p = 14.18$			
$X_{CS} = 14.66$			
$X_{CT} = 14.56$			
Producción proteína cruda	**	**	NS
$X_p = 1,046$			
$X_{CS} = 1,856$			
$X_{CT} = 1,860$			
Contenido de proteína cruda	**	**	**
$X_p = 11.63$			
$X_{CS} = 10.95$			
$X_{CT} = 11.15$			

\*\* Significativamente diferente de zero a  $P=0.01$ .

NS No significativo.