

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE AMARANTO PARA ADAPTABILIDAD PRODUCTIVA EN EL NORESTE DE MÉXICO

ADAPTABILITY OF AMARANTH GENOTYPES FOR PRODUCTION IN NORTHEASTERN OF MÉXICO

Jesús García Pereyra¹, Ciro G. S. Valdés Lozano^{2*}, Emilio Olivares Sáenz², Omar Alvarado Gómez², Hiram Medrano Roldan¹ y Gabriel Alejandro Iturbide³

¹Instituto Tecnológico Agropecuario de Durango. Km. 22.5 Carr. Durango-México. C.P. 34000. Durango, Dgo. ²División de Estudios de Posgrado, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carr. Zuazua-Marín, C.P. 66700, Marín, N. L., México. Tel y Fax: 01 (825) 248-0101. Correo electrónico: cigsvalloz@hotmail.com ³Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Calle Sigma s/n, Fracc. 20 de Noviembre II, C.P 34220, Durango, Dgo.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Para definir su capacidad de producción de grano e introducir al amaranto (*Amaranthus* spp.) como cultivo para el ciclo agrícola de Otoño-Invierno (OI) en el noreste de México, en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín N. L., México, se condujo un experimento bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y dos repeticiones. Se probaron cuatro genotipos de *Amaranthus hypochondriacus* L. (655, 153-5-3, 653 y Criollo Tlaxcala) y uno de *A. cruentus* (33) ubicados en parcelas grandes y cuatro densidades de plantas (31 250, 41 666, 62 500 y 125 000 plantas/ha) en las subparcelas. Se analizó el rendimiento de grano (RG), rendimiento de forraje verde (FOVER), altura de planta (AP) y longitud de panícula (LP). Para RG, en todas las densidades de población el genotipo 33 de *A. cruentus* superó a los genotipos de *A. hypochondriacus*, y a 125 000 plantas/ha el genotipo 33 expresó el RG más alto (1 637.5 kg ha⁻¹); para los genotipos de *A. hypochondriacus* el RG más alto lo presentó el genotipo 655 (306 kg ha⁻¹). La fuerte diferencia en adaptabilidad entre los genotipos de estas dos especies de amaranto a las condiciones ambientales del noreste de México, se explica porque en este ciclo agrícola la floración del amaranto coincidió con días largos y temperaturas superiores a 40 °C, las cuales fueron toleradas por el genotipo 33 de *A. cruentus*, pues esta especie está adaptada a altitudes de 400 a 1 500 m y climas cálidos del centro y sur de México, no así los genotipos de *A. hypochondriacus* que se siembran en altitudes de 1 500 a 2 200 m en los Valles Altos Centrales del país, donde la flora-

ción ocurre cuando las temperaturas máximas son menores a 27 °C. El genotipo 33 superó a los demás en FOVER y LP; y para AP los genotipos 33 653 y 153-5-3 fueron superiores a los demás. Preliminarmente se estableció que el genotipo 33 de *A. cruentus* sembrado a 125 000 plantas/ha puede utilizarse para la producción de grano y forraje en el ciclo otoño-invierno en el noreste de México, no así los genotipos de *A. hypochondriacus*, que son muy sensibles a días largos y a altas temperaturas en floración.

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus*, densidad de plantas, rendimiento de grano, rendimiento de forraje.

SUMMARY

In order to define the grain production capability and propose the introduction of amaranth (*Amaranthus* spp.) as an alternative crop for the Autumn-Winter (AW) season in the Northeast of México, at the Experimental Station of the Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de N. L., Marín, N. L., México, an experiment was conducted during the AW 2001 season. A randomized complete block design in a split plot arrangement with two replications was used. Four genotypes of *Amaranthus hypochondriacus* (655, 153-5-3, 653 and Criollo Tlaxcala) and one of *A. cruentus* (33) were assigned to main plots, and four plant populations (31 250, 41 666, 62 500 and 125 000 plants/ha) to subplots. Grain yield (GY), green forage yield (GFY), plant height (PH) and panicle length (PL) were analyzed. Grain yield, for all densities was higher in *A. cruentus* genotype 33 than in *A. hypochondriacus* genotypes. At 125 000 plants/ha the genotype 33 expressed the highest GY (1 637.5 kg ha⁻¹), whereas genotype 655, the best of *A. hypochondriacus*, yielded only 306 kg ha⁻¹. The large difference in adaptability to the environmental conditions of WA-2001 crop season in Northeastern México among genotypes of these two amaranth species, could be due to long days and temperatures above 40 °C during the flowering period, which were tolerated by *A. cruentus* genotype 33 adapted to altitudes of 400 to 1500 m and warm climates of the Central and South México; the *A. hypochondriacus* genotypes are adapted at altitudes of 1 500 to 2 200 m and temperate climate of High Valleys of the Central México, where flowering occurs at temperatures below 27 °C. Genotype 33 was higher than the remaining genotypes in GFY and genotypes PL, and 33, 653 and 153-5-3 overrated the rest in PH. This preliminary results show that *A. cruentus* genotype 33 might be established at 125 000 plants/ha for grain and forage production in the AW crop season of Northeastern of México. *A. hypochondriacus* genotypes should not be used because then are sensitive to long days and high temperatures during flowering.

Index words: *Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus*, plant densities, grain yield, green forage yield.

INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus* spp) es un cultivo anual para la producción de grano que se siembra en agroecosistemas campesinos del centro y sur de México, Por su valor nutritivo, el amaranto tiene un mercado potencial importante, aunque también se utiliza como forraje (Kauffman, 1990; Weber, 1990). El amaranto puede ser un cultivo potencial para diversificar los agroecosistemas del noreste

de México (García, Com. pers.)¹; sin embargo, se requiere identificar genotipos apropiados para producción mecanizada, con alto potencial de rendimiento de grano y forraje, y definir las fechas de siembra y densidades de población apropiadas (Weber, 1990). Los genotipos de amaranto que se cultivan en México son variedades criollas, aunque existe un número reducido de variedades mejoradas de dos especies: *A. hypochondriacus* L., para localidades con altitud de 1 500 a 2 200 m y clima templado y *A. cruentus* para localidades con 400 a 1 500 msnm y clima cálido (Alejandre y Gómez, 1986). Respecto a densidades de población, Peña (Com. pers.)² en Tlaxcala, encontró que a 125 000 plantas/ha el rendimiento de grano obtenido fue de 3800 y 1200 kg ha⁻¹ en genotipos de *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*. García *et al.* (2001)¹, en el ciclo agrícola primavera-verano de 2000, en Marín N. L., a una densidad de 125 000 plantas/ha, encontraron rendimientos de grano de 1900 kg ha⁻¹ para el genotipo 33 de *A. cruentus*, y de 3200 kg ha⁻¹ para el genotipo 653 de *A. hypochondriacus*. Con estos antecedentes se planteó la evaluación de genotipos de ambas especies, para lo cual se consideró como objetivo del presente trabajo definir preliminarmente la factibilidad de que el amaranto sea introducido como un cultivo viable con base en su capacidad para producir grano y forraje en el noreste de México para siembras de otoño-invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín N. L., en el ciclo agrícola otoño-invierno (OI), se condujo un experimento bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y dos repeticiones. Se evaluaron cinco genotipos: cuatro de *A. hypochondriacus* (655, 153-5-3, 653 y criollo Tlaxcala) y uno de *A. cruentus* (33), aleatorizados en las parcelas grandes, y cuatro densidades de plantas: 31 250, 41 666, 62 500 y 125 000 plantas/ha, en las subparcelas. Se efectuó un raleo de plántulas cuando tenían 20 cm de altura para ajustar las densidad de plantas correspondiente a cada tratamiento en cada subparcela; se dio un riego de pre-siembra y uno de auxilio a los 30 d de establecido el cultivo. En los dos surcos centrales de cuatro de 5 m de largo y 0.8 m de ancho, se midieron las variables de rendimiento de grano (RG) en gramos y se transformaron a kg ha⁻¹, el rendimiento de forraje verde (FOVER) en kg ha⁻¹, la altura de planta (AP) en cm, y la longitud de panícula (LP) en

cm. La cosecha se efectuó cortando las plantas de los surcos centrales para separar el grano con la ayuda de tamices y ventilador. El análisis de varianza y la comparación de medias por la Diferencia Mínima Significativa (DMS, 0.05) se hicieron con el Paquete de Diseños Experimentales de la FAUANL, versión 2.5 (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción entre los genotipos y las densidades de plantas fue significativa para las cuatro variables en estudio (Cuadro 1) por lo que se procedió a definir los genotipos de mejor comportamiento en cada una de las cuatro densidades de población.

Cuadro 1. Cuadros medios y coeficientes de variación en amaranto, Marín N. L. (OI 2001).

FV	RG	FOVER	LP	AP
Bloques	7 426 ns	1 269 760 ns	7 ns	24 ns
Genotipos (A)	2 091 403*	798 *	1 695 *	6 032 *
Error a	16 775	39	2	15
DP ⁽¹⁾ (B)	173 431*	2 166*	26*	328*
A x B	36 213*	343*	37 *	368 *
Error b	3 465	46	4	10
CV A (%)	35	16	4	2
CV B (%)	16	18	6	2

RG = rendimiento de grano; FOVER = forraje verde, LP = longitud de panícula, AP = altura de planta; CV = coeficiente de variación.

* Significativo al 0.05 de probabilidad, ¹ Densidades de plantas

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento de grano (RG) de los genotipos en las diferentes densidades de plantas. El genotipo de mayor RG fue el 33 (*A. cruentus*) con 1 637 kg ha⁻¹ a 125 000 plantas/ha; en cambio, los genotipos de *A. hypochondriacus* tuvieron un RG muy bajo, de 318 a 179 kg ha⁻¹. (Martínez, Comunicación personal)³ encontró que en el ciclo primavera-verano, en Tlaxcala, los genotipos 653 y 153-5-3 de *A. hypochondriacus* alcanzaron rendimientos medios de 1510 y 1250 kg ha⁻¹, respectivamente, y que el genotipo 33 de *A. cruentus* tuvo un RG de 600 kg ha⁻¹. Henderson (1998) en Dakota del Norte EUA, con genotipos de *A. cruentus* obtuvo un RG de 1 560 kg ha⁻¹ a 125 000 plantas/ha, respuesta similar a la obtenida en este estudio.

¹ García P J, C G S Valdés L, E Olivares S, H Bernal B, H Medrano R, M I Mata E, G Alejandre I (2001) Comportamiento agrónomico de cinco genotipos de amaranto en dos localidades contrastantes del norte de México. Memoria de Seminarios de Posgrado, Primavera 2001. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp: 13-19.

² Peña P R (1997) Efecto del modelo y la densidad de siembra sobre cuatro genotipos de Amaranto (*Amaranthus* spp). Resúmenes, VIII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario, DGETA-SEP, ITA No. 7, Morelia, Michoacán, México. p. 117.

³ Martínez M O (1996) Dosis óptima económica de fertilización orgánica e inorgánica de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) tipo mexicano 656, en Nazareno, Xoxocotlán, Oax. VII Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Roque, Celaya, Guanajuato. p. 157.

Cuadro 2. Comparación de medias para rendimiento de grano de amaranto en kg ha⁻¹, Marín, N. L. OI 2001,

Genotipo	Plantas/ha			
	125 000	62 500	41 666	31 250
	<i>Amaranthus cruentus</i>			
33	1,637.5 a	1481.0 a	1083.0 a	892.0 a
	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>			
655	306.2 b	93.7 bc	90.0 b	27.0 b
153-5-3	179.0 b	46.8 c	33.0 b	15.6 b
653	318.5 b	112.5 bc	122.0 ab	130.6 b
Criollo Tlaxcala	181.0 b	296.5 b	124.5 b	64.0 b

Medias con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente (DMS, 0.05).

El Cuadro 3 muestra que la precipitación acumulada durante el crecimiento del cultivo (marzo a julio) fue de 111 mm, en sólo 14 d de lluvia totales y fue en marzo cuando se obtuvo la mayor precipitación (31 mm). Con base en estas condiciones, después del riego de presiembra sólo se aplicó un riego de auxilio de una lámina aproximada de 20 cm. Así los genotipos no estuvieron limitados en su crecimiento por falta de agua, por tanto el bajo RG obtenido por *A. hypochondriacus* se explica debido a que 75 % de las plantas no llegaron a floración y algunas del 25 % restante, presentaron androesterilidad parcial y tuvieron baja formación de semilla. Considerando los resultados obtenidos en el ciclo PV 2000, señalados por García *et al.* (Comunicación personal)¹, contrarios a los del presente trabajo, así como el origen de los genotipos bajo estudio (Alejandro y Gómez, 1986) puede considerarse que la escasa floración se debió a que los genotipos de *A. hypochondriacus* L. son sensibles al fotoperiodo largo y a las altas temperaturas incidentes durante las etapas de floración y llenado de grano (Cuadro 3).

A medida que se incrementó la densidad de plantas, en todos los genotipos se incrementó el rendimiento de forraje verde (FOVER), excepto en 153-5-3, que presentó su máxima producción a 41 666 plantas/ha (Cuadro 4). Los genotipos 33 y Criollo Tlaxcala fueron estadísticamente los de mayor FOVER en las cuatro densidades y considerando el promedio de FOVER para ambos genotipos, éste se incrementó a partir de 31 250 plantas/ha en 73.1 %, 46 % y 43.4 %, al incrementarse las densidades a 41 666, 62 500 y 125 000 plantas/ha, respectivamente. El comportamiento de FOVER que se observó en el presente estudio coincide con la respuesta general esperada para cultivos anuales, la cual ha sido descrita por Gardner *et al.* (1985).

El comportamiento de los genotipos en su altura de planta (AP) bajo las cuatro densidades de población se presenta en el Cuadro 5. El genotipo 33 presentó la mayor altura (196 cm), la cual fue estadísticamente superior a la de los otros cuatro genotipos. Bharat y Whitheard (1993), en experimentos en invernadero, encontraron que la altura de planta varió de 120.7 a 129.3 cm, respectivamente, cuando se incrementó la densidad de población de 31 250 a

125 000 plantas/ha; estos resultados coinciden con la baja reducción en AP asociada con el incremento en la densidad de población observada en el presente estudio.

La mayor longitud de panícula (LP) fue para el genotipo 33 (*A. cruentus*) y superó estadísticamente a todos los genotipos de *A. hypochondriacus* en las cuatro densidades de plantas (Cuadro 6), lo que puede explicar también la superioridad en RG de este genotipo.

Cuadro 3. Temperatura y precipitación mensual registrado en los meses en que se llevó a cabo el experimento, Marín, N. L.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	Temperatura °C				
Mínima	5.0	11.0	17.0	21.0	21.0
Máxima	32.0	36.0	42.0	42.0	41.0
	Precipitación (mm)				
Acumulada	31.0	17.0	29.0	21.0	1.3
Días	6	2	3	2	1

Cuadro 4. Comparación de medias para rendimiento de forraje verde (kg ha⁻¹) de amaranto, Marín, N. L. OI-2001.

Genotipo	Plantas/ha			
	125 000	62 500	41 666	31 250
	<i>Amaranthus cruentus</i>			
33	80 610 a	47 085 a	37 900 a	21 330 ab
	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>			
Criollo Tlaxcala	72 500 a	57 650 a	34 825 a	21 030 ab
653	52 500 ab	53 750 a	38 640 a	14 515 b
655	45 310 b	22 560 b	17 240 b	9 500 b
153-5-3	22 750 c	31 055 b	39 860 a	32 475 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente (DMS, 0.05)

Cuadro 5. Comparación de medias para altura de planta (cm) de amaranto, Marín, N. L. OI-2001.

Genotipos	Plantas/ha			
	125 000	62 500	41 666	31 250
	<i>Amaranthus cruentus</i>			
33	196 a	200 a	196 a	182 a
	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>			
153-5-3	185 b	196 b	185 b	185 a
653	124 d	140 d	126 d	179 a
Criollo Tlaxcala	149 c	148 c	160 c	152 b
55	126 d	123 c	120 d	141 c

Medias con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente (DMS, 0.05).

Cuadro 6. Comparación de medias para longitud de panícula (cm) de amaranto, Marín, N. L., OI 2001,

Genotipos	Plantas/ha			
	125 000	62 500	41 666	31 250
	<i>Amaranthus cruentus</i>			
33	51 a	55 a	55 a	57 a
	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>			
655	16 d	24 cd	16 d	20 c
153-5-3	25 c	21 d	26 c	31 b
653	22 c	27 c	24 c	20 c
Criollo Tlaxcala	40 b	40 b	41 b	31 b

Medias con la misma letra en cada columna son iguales estadísticamente (DMS, 0.05).

CONCLUSIONES

Los genotipos de *A. hypochondriacus* L. utilizados en este estudio fueron altamente sensibles en la etapa de floración a las altas temperaturas y al fotoperiodo largo incidente, lo que ocasionó androesterilidad y bajos rendimientos de grano. Sin embargo, la producción de grano y forraje verde de amaranto en el ciclo otoño invierno en el noreste de México sería posible con el genotipo 33 de *A. cruentus* sembrado a 125 000 plantas/ha.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro I G, F Gómez (1986)** Cultivo del Amaranto en México. Colección de Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 12. Universidad Autónoma Chapingo, México. 245 p.
- Bharat P S, W F Whitehead (1993)** Population density and soil pH effects on vegetable amaranth production. *In: New Crops.* J Janick, J E Simon (eds). Wiley, New York.
- Gardner F P, R B Pearce, R L Mitchel (1985)** Physiology of Crop Plants. The Iowa State University Press, Ames, Iowa 50010. USA. 327 p.
- Henderson T L, B L Jonson (1998)** Grain Amaranth seeding dates in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 90 (3):339 -344.
- Kauffman C S, L E Weber (1990)** Grain amaranth. *In: New Crops.* Advances J Janick, J E Simon (eds). Timber Press. Portland, OR. pp:127-139.
- Olivares S E (1994)** Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, UANL, Marín, N.L.
- Webber L E (1990)** La producción comercial de amaranto en los Estados Unidos. *In: El amaranto *Amaranthus spp.*, su cultivo y aprovechamiento.* Comp: A Trinidad S, F Gómez L, G Suárez R. Colegio de Postgraduados. pp:274-279.