

RESPUESTA DE GENOTIPOS DE AMARANTO A DENSIDADES DE POBLACIÓN

RESPONSE OF AMARANTH GENOTYPES TO PLANT DENSITIES

Guadalupe Torres Saldaña¹, Antonio Trinidad Santos², Teresa Reyna Trujillo³, Héctor Castillo Juárez⁴, Alberto Escalante Estrada² y Fernando de León González^{4*}

¹Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana. ²Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Estado de México, México. ³Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de Institutos. Del. Coyoacán. 04510, México D. F. México. ⁴Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Calzada del Hueso 1100. 04960, D. F. Col. Villa Quietud, México, D. F. México. Tel.: 01 (55) 5483-7000, Ext. 3165; Fax: 01 (55) 5483-7238.

*Autor para correspondencia (fdeleon@correo.xoc.uam.mx)

RESUMEN

En este trabajo se evaluó el rendimiento de semilla, biomasa aérea, índice de cosecha, acame y reverdecimiento de dos cultivares de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) ('Tulyehualco', tardío y alto; 'Froncosa', precoz y de altura intermedia) bajo dos densidades de población (62 500 y 375 000 plantas/ha). El trabajo se desarrolló en Tulyehualco, México, D. F., mediante siembra directa. Se aplicó riego de auxilio al inicio del cultivo y fertilización con estiércol de bovino (equivalente a 50 kg de N ha⁻¹). El cultivar 'Tulyehualco' de porte alto y 199 d a la cosecha, mostró mayor rendimiento de semilla (4 t ha⁻¹ a 375 000 plantas/ha) que el cv. 'Froncosa' (2.2 t ha⁻¹). En baja densidad de población, el cv. 'Froncosa', con 116 d a la cosecha, produjo 600 kg ha⁻¹, y 1200 kg ha⁻¹ en alta densidad; estos rendimientos son similares a los que se obtienen con transplante en Tulyehualco. El cv. 'Froncosa' constituye una alternativa de producción, pues además de tener un buen rendimiento de semilla presentó valores más bajos de caída de la planta.

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus*, densidad de población, rendimiento de semilla, acame, reverdecimiento.

SUMMARY

In this work seed yield, above-ground biomass, lodging and 're-greening' were evaluated for two amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) cultivars ('Tulyehualco', late and tall, 'Froncosa', early and intermediate in height), under two plant densities (62 500 and 375 000 plants/ha). The work was done in Tulyehualco by direct seeding. Irrigation was applied when the crop was started; fertilization consisted of cow manure (50 kg N ha⁻¹). The 'Tulyehualco' cv with 199 d to harvest showed higher seed yield (4 t ha⁻¹ at 375 000 plants/ha) than 'Froncosa' (2.2 ha⁻¹). Under low plant density, 'Froncosa' with 116 d to harvest, produced 600 kg ha⁻¹, and 1200 kg ha⁻¹ under high density. These seed yields are similar to those obtained in Tulyehualco under transplanting in because in addition to amaranth production, 'Froncosa' represents an alternative cultivar because in addition to its good seed yield, it had lower lodging than 'Tulyehualco'.

Recibido: 19 de Mayo del 2004.

Aceptado: 28 de Junio del 2006.

Index words: *Amaranthus hypochondriacus*, plant density, seed yield, plant lodging and re-greening.

INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es un cultivo marginal en México con apenas 2000 ha (Arellano, 2001), que por su alta calidad de proteína en el grano tiene perspectivas de desarrollo, tanto en México (Soriano, 1993) como en el mundo (Breene, 1991; Wu *et al.*, 2000). Una importante zona productora es Tulyehualco, México D. F., cuya producción se lleva a cabo en condiciones de temporal o secano en pequeños predios (0.5 ha) de pendiente irregular, con suelos pedregosos y superficiales. Los productores acostumbran sembrar amaranto por trasplante en los meses de junio-julio, para así evitar heladas tardías y sequía durante las primeras cuatro semanas del cultivo, y reducir la competencia con maleza (Alejandre y Gómez, 1986).

Los genotipos locales son materiales altos (> 2.0 m), de panoja roja y verde (Alejandre y Gómez, 1986). En el sistema tradicional de producción las densidades de población fluctúan entre 50 000 y 100 000 plantas/ha (Alejandre y Gómez, 1986), que en siembras en monocultivo rinden entre 0.5 y 1.5 t ha⁻¹ (Alejandre y Gómez, 1986). Recientemente se han generado variedades con mayor uniformidad morfológica, mayor rendimiento de semilla (vars. 'Revancha' y 'Nutrisol', con rendimientos de 1.8 y 2.5 t ha⁻¹, respectivamente), porte bajo o intermedio, que pueden ser sembradas a altas densidades (> 350 000 plantas/ha) (Estrada y Sahagún, 2001).

Según Bansal *et al.* (1995) y Henderson *et al.* (2000), las altas densidades permiten incrementos en la producción de semilla y presentan menor acame, posiblemente debido a una reducción del peso total de la planta. Puesto que la investigación agronómica sobre este cultivo ha sido escasa, el objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento de dos cultivares de amaranto mejorados, en dos densidades de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hicieron dos experimentos, uno en 1997 y otro en 1998, en la localidad de Tulyehualco, México, D. F. (19° 15' LN y 99° 01' LO; 2280 msnm), con régimen de lluvias en verano (Figura 1). El suelo se clasifica como Typic Ustifluvents, de acuerdo con el sistema de USDA (Soil Survey Staff, 1995); es de origen volcánico, textura arenosa y contenido de materia orgánica entre 1.5 y 2 % (De León *et al.*, 2000).

Los tratamientos en ambos años consistieron en dos variedades, 'Froncosa' y 'Tulyehualco', y dos densidades de siembra (62 500 y 375 000 plantas/ha). 'Froncosa' pertenece a la raza Mercado y es de porte intermedio (1.70 m de altura), hojas e inflorescencia de color verde claro, y ciclo de 125-135 d (Estrada y Sahagún, 2001). 'Tulyehualco' pertenece a la raza Azteca, es de porte alto (2.50 m de altura), hojas e inflorescencia de color rojo púrpura, y ciclo de 160-180 d (Estrada y Sahagún, 2001). Ambos materiales fueron genéticamente seleccionados en el Colegio de Postgraduados (Montecillo, México). La densidad baja corresponde a la utilizada por los productores de la región (Alejandro y Gómez, 1986), mientras que la alta es una de las máximas en que se ha evaluado el amaranto (Bansal *et al.*, 1995).

Los cuatro tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo factorial y cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 10 m de largo y 0.80 m de ancho. Se dejó una distancia de 1 m sin plantas entre las unidades experimentales. La semilla se sembró a 1 cm de profundidad, el 23 de mayo de 1997 y el 12 de junio de 1998. Se aplicó un riego de auxilio en las tres primeras semanas después de la siembra, para favorecer la emergencia de plántulas. Se aplicaron 3.5 t ha⁻¹ de estiércol de bovino (equivalente a 50 kg N ha⁻¹), dos meses después de la siembra, en ambos experimentos. El control de maleza se realizó manualmente en los dos ciclos.

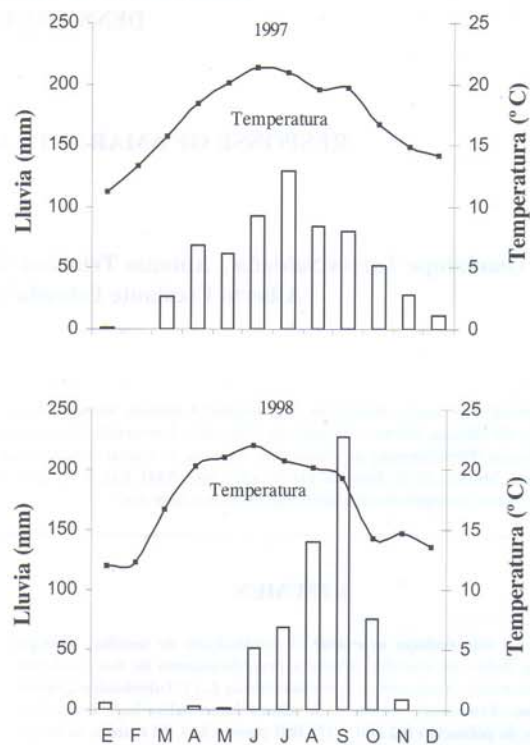


Figura 1. Temperatura media (°C) y precipitación (mm) registradas durante los experimentos de 1997 y 1998 en Tulyehualco, México, D. F.

Se determinaron datos de altura de planta (cm), desde la superficie del suelo hasta el extremo de la panoja, con un flexómetro metálico, y el diámetro del tallo (cm) a 3 cm sobre la superficie del suelo, con un vernier, en 10 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental. Ambas variables fueron medidas en tres fechas de muestreo (47, 83 y 101 d después de la siembra) en cada año. El porcentaje de acame (plantas caídas/plantas totales x 100) y el porcentaje de reverdecimiento (plantas con inflorescencia reverdecida/total de plantas x 100) se determinaron para cada parcela y únicamente en el ciclo 1998 (15 de agosto). En la madurez se procedió a cosechar las plantas de los dos surcos centrales, para determinar biomasa aérea (kg ha⁻¹) y rendimiento de semilla (kg ha⁻¹). Con los datos de rendimiento de semilla y biomasa aérea se calculó el índice de cosecha (IC = rendimiento de semilla/(biomasa aérea + rendimiento de semilla)). La semilla se cosechó manualmente, se depositó en bolsas de papel y se llevó a secado a 65° en una estufa (marca Riossa) durante 48 h.

El análisis estadístico se hizo mediante análisis de varianza para las variables altura de planta, diámetro del

tallo, rendimiento de semilla, biomasa aérea e índice de cosecha, con el programa Minitab (Minitab, 2000) y con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Bloque}_i + \text{Año}_j + \text{Cultivar}_k + \text{Densidad}_l + \text{Año} \times \text{Cultivar}_{jk} + \text{Año} \times \text{Densidad}_{jl} + \text{Cultivar} \times \text{Densidad}_{kl} + \text{Año} \times \text{Cultivar} \times \text{Densidad}_{jkl} + E_{ijklm}$$

Las variables de acame y reverdecimiento fueron medidas solamente en el ciclo 1998 y por ello el modelo estadístico empleado en ese caso no incluyó el factor año ni las interacciones correspondientes; dichas variables se transformaron a valores de raíz cuadrada para mejor ajuste de los datos a la distribución normal. Se calculó la diferencia mínima significativa de Tukey ($P < 0.05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los factores año (A) y cultivar (C) presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en altura de planta y diámetro del tallo; en cambio, la densidad de población (D) no afectó la altura de planta, pero sí el diámetro del tallo (Cuadro 1). Hubo interacciones significativas: cultivares (C) x densidades (D); años (A) x cultivares (C), repetido; años (A) x densidades (D) y años (A) x cultivares (C) x densidades (D), para la altura de la planta.

El cultivar 'Tulyehualco' tuvo mayor altura de la planta que el cultivar 'Froncosa' (Cuadro 2), lo que coincide con las características reportadas para estos dos genotipos en la localidad de Tulyehualco (Estrada y Sahagún, 2001). Estas diferencias en altura de planta fueron más evidentes después de floración. En 1997 las dos variedades presentaron un comportamiento similar al observado en 1998; a partir del segundo muestreo (83 d desde la siembra), 'Tulyehualco' creció más en altura que 'Froncosa' (Figura 2A). El diámetro del tallo fue mayor para ambos cultivares en la densidad baja de población (Figura 2B), similar a lo repor-

tado por Henderson *et al.* (2000). Este resultado es consistente con la plasticidad morfológica del amaranto reportada por Hauptli (1977), Putnam (1990) y Martínez *et al.* (1999), aunque una reducción del diámetro del tallo puede ser conveniente para la cosecha mecánica porque facilita el corte. Contrario a lo esperado, el aumento del diámetro del tallo en la baja densidad de población no se tradujo en un aumento del número de larvas y del daño por barrenación causadas por los insectos *Hypolixus truncatulus* y *Amauromyza abnormalis* (Torres *et al.*, 2004).

En rendimiento de semilla los factores cultivar (C) y densidad (D) presentaron diferencias entre variedades (Cuadro 1). En la baja densidad de plantas (similar a la utilizada por los productores, 62 500 plantas/ha) el rendimiento de los dos cultivares y los dos años (Cuadro 2) varió de 628 ('Froncosa') a 1402 kg ha⁻¹ ('Tulyehualco'), que son valores comparables a los obtenidos por los productores locales. Díaz *et al.* (2004) obtuvieron un rendimiento de 1.3 a 2.1 t ha⁻¹ con una densidad de población más baja que la del presente estudio. Cuando la densidad se incrementó a 375 000 plantas/ha, el rendimiento subió a 2248 kg ha⁻¹ en 'Froncosa' y a 3997 kg ha⁻¹ en 'Tulyehualco' (Cuadro 2), producción de semilla comparable con la reportada por Henderson *et al.* (2000) para cruces de *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* obtenidas en EE. UU. Con densidades de población de 74 000 a 272 000 plantas ha⁻¹, Bansal *et al.* (1995) obtuvieron en la India con una variedad de precocidad similar a 'Froncosa' un rendimiento de 1000 kg ha⁻¹, a una densidad de 85 000 plantas/ha. Es decir, en altas densidades los rendimientos fueron superiores a los obtenidos por los productores, y similares a los máximos reportados para un cultivar comercial en Tulyehualco (Estrada y Sahagún, 2001). Debe considerarse que el rendimiento se determinó manualmente, en condiciones experimentales de campo. Según Lee *et al.* (1996), en la cosecha comercial de amaranto ocurren pérdidas de 35 a 40 % del total.

Cuadro 1. Cuadros medios para altura de la planta, diámetro del tallo, rendimiento de semilla, biomasa aérea, índice de cosecha, acame y reverdecimiento en 1997 y 1998. Tulyehualco, México, D. F.

Factor	gl ⁽¹⁾	Altura de planta ⁽²⁾	Diámetro del tallo ⁽²⁾	Rendimiento de semilla	Biomasa aérea	Índice de cosecha	Acame	Reverdecimiento
Bloque	3	4249 **	1.95 **	826169 ns	10191033 ns	3.1 ns	0.13 ns	0.34 ns
Año (A)	1	264396 **	4.31 **	1060219 ns	1450852297 **	694.8 **		
Cultivar (C)	1	994922.4 **	21.25 **	35534072 **	7875977482 **	0.1 ns	6.50 **	0.12 ns
Densidad (D)	1	43 ns	5.36 **	12729783 **	2836114926 **	9.0 ns	18.49 **	2.25 *
C x D	1	2679 *	0.06 ns	1898184 ns	1103086575 **	2.1 ns	4.62 **	0 ns
A x C	1	28564 **	0.04 ns	508266 ns	692585017 **	12.0 ns		
A x D	1	3342 **	0.40 ns	492089 ns	973618900 **	0.8 ns		
A x C x D	1	9216 **	0.26 ns	49225 ns	373462742 *	3.9 ns		
Error	21	474	0.15	869287	57549000	6.33.9	0.31	0.37
Total	31	3794	0.24	2301711	533709677	27.9	2.18	0.44
CV (%)		10.2	23.4	45.1	29.1	21.0	16.9	47.3

* ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); ns = No significativo.

⁽¹⁾ Los gl del error y total para altura y diámetro del tallo fueron 462 y 472, respectivamente; y 9 y 15 para acame y reverdecimiento.

⁽²⁾ Muestreo realizado a 101 d después de la siembra.

Cuadro 2. Promedios de las variables medidas en los ciclos 1997 y 1978. Tulyehualco, México, D.F.

Cultivar	Densidad (p/ha)	Altura de planta [†] (cm)	Diámetro del tallo [†] (cm)	Rendimiento de semilla ^{††} (kg ha ⁻¹)	Biomasa aérea ^{††} (kg ha ⁻¹)	Índice de cosecha [‡]	Acame [‡] (√%)	Reverdecimiento [‡] (√%)
'Froncosa'	62500	158 b	1.59 c	628 c	6847 c	12.3 a	3.15 b	1.75 a
'Froncosa'	375000	152 b	1.39 d	2248 b	13933 c	11.7 a	2.07 c	1.0 a
'Tulyehualco'	62500	250 a	2.06 a	1402 bc	26482 b	12.7 a	5.50 a	1.57 a
'Tulyehualco'	375000	254 a	1.81 b	3997 a	57053 a	11.2 a	2.27 bc	0.82 a

†Datos determinados a 101 d después de la siembra; †† Datos determinados en la etapa de madurez; ‡ Datos determinados a los 71 d después de la siembra, solamente en el ciclo 1998. Se presentan datos de raíz cuadrada del porcentaje de acame por presentar distribución normal. Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

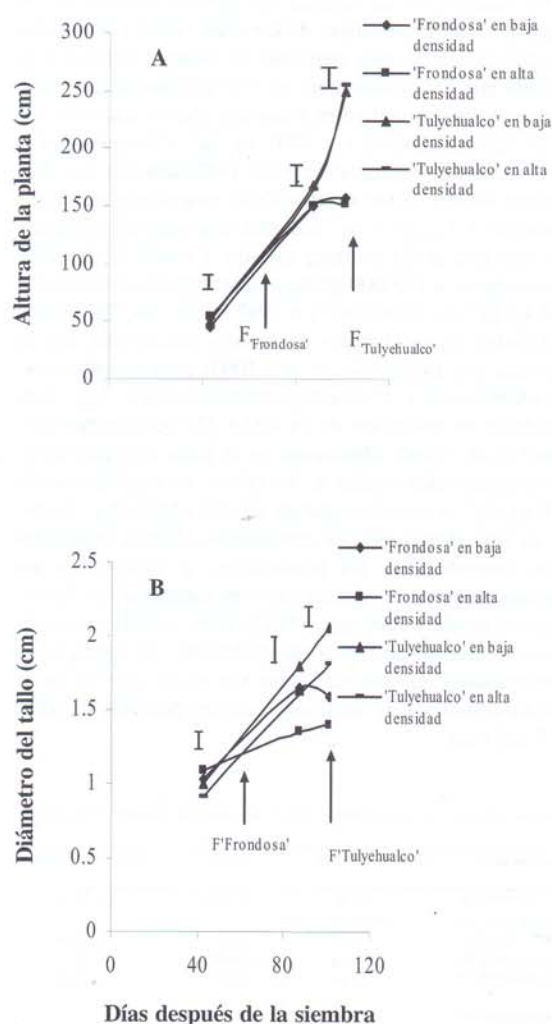


Figura 2. Altura de planta (A) y diámetro de tallo (B) de las variedades 'Froncosa' y 'Tulyehualco' en dos densidades de siembra; promedios de los años 1997 y 1998. Tulyehualco, México, D. F. Las barras verticales representan el valor de las diferencias significativas honestas ($P < 0.05$). F = Floración.

La biomasa aérea también resultó afectada por los factores año, cultivar y densidad de población, así como por las interacciones entre esos factores (Cuadro 1). Estos múltiples efectos son indicadores de la alta sensibilidad del amaranto a cambios ambientales y de manejo, en cuanto a acumulación de la biomasa.

En el índice de cosecha se detectó un efecto significativo ($P < 0.01$) entre años (Cuadro 1), pero las diferencias debidas a las interacciones no se reflejaron en diferencias significativas entre las medias; es decir, el índice de cosecha no fue afectado significativamente por el ambiente ni la variedad, resultados que concuerdan con los observados para *A. cruentus* y una cruz de *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* (Aufhammer *et al.*, 1995), y para el mismo cultivar cosechado en Texcoco, Edo. De México (Díaz *et al.*, 2004).

En la baja densidad de población hubo mayores valores de acame (Cuadro 2). El mayor número de plantas por superficie parece ser un factor que favorece el mantenimiento en pie de las plantas de amaranto. Al final del ciclo, las lluvias torrenciales y los fuertes vientos causaron 100 % de acame del genotipo tardío ('Tulyehualco'), en ambas densidades de plantas. La variedad 'Froncosa' no fue afectada por estos eventos climáticos, lo que se atribuye a su ciclo más corto, que además le confiere una ventaja al facilitar su cosecha, ya sea mecánica o manual.

El fenómeno de "reverdecimiento" ha sido previamente citado por Espitia (1990) para materiales de amaranto en México, principalmente en el Estado de Morelos. El "reverdecimiento" de la panoja o crecimiento secundario consiste en la formación de pequeñas hojas (2-3 mm) a partir de las estructuras florales del amaranto (Espitia, 1990), lo que aumenta significativamente el peso fresco de la inflorescencia principal y en las ramas. Con el "reverdecimiento" la inflorescencia no produce semillas pues éstas se reabsorben (Espitia, 1990). Este fenómeno se presentó en 1998 en los dos cultivares en plantas que ya habían alcanzado la madurez fisiológica, aunque el porcentaje de plantas con reverdecimiento fue siempre inferior a 4% (Cuadro

2). En 1998 las lluvias tardías favorecieron una mayor humedad al final del ciclo, que según Espitia (1990) es una condición que promueve el "reverdecimiento".

Los presentes resultados muestran que el uso de altas densidades de población (> 300 000 plantas/ha) se traduce en un incremento significativo en la producción de semilla de amaranto. Pero ello también implica mayores gastos de siembra (Henderson *et al.*, 2000) y trasplante (Alejandre y Gómez, 1986), y mayores riesgos de pérdidas en caso de sequía severa. En el presente estudio se aplicó un riego de auxilio posterior a la siembra, lo cual restringe la extrapolación de los resultados obtenidos a las condiciones prevalecientes en la zona cerril de temporal. La tecnología de densidades altas podría adoptarse si se combina con mejoras en la infraestructura para aplicar riegos de auxilio en la región.

En alta densidad de población se comprobó una reducción del acame a los 71 d en ambos cultivares y una menor incidencia de plantas reverdecidas en el año de 1998. El ciclo precoz del cv. 'Froncosa' hace que este tipo de material represente una opción viable para los productores, ya que manejado con la tecnología local, caracterizada por bajas densidades de siembra (62 500 plantas/ha) y fertilización moderada (50 kg N ha⁻¹), rinde cerca de 600 kg ha⁻¹, producción similar a la obtenida con el material criollo de la región cuyo ciclo dura de 40 a 60 d más que el del cv. 'Froncosa'.

Con materiales precoces se reduce el tiempo de ocupación del terreno, los costos en mano de obra para labores de cultivo, y los riesgos de efectos climáticos que favorecen el acame o el reverdecimiento. Además, la precocidad en amaranto podría permitir el diseño de nuevos sistemas de producción en cultivos asociados, a fin de aprovechar la estación de crecimiento entre octubre-diciembre, cuando el amaranto de ciclo corto ya ha sido cultivado. Esto supone sincronizar el amaranto con otras especies cultivadas tolerantes a baja humedad en el suelo y baja temperatura. Su adopción por los productores, sin embargo, depende de factores culturales como la preferencia de plantas de porte alto e inflorescencia grande de color rojo (Alejandre y Gómez, 1986).

En el presente trabajo se observó que cuando el suelo mantiene una reserva de humedad alta al final del ciclo (como en 1998), la cosecha del cultivar precoz se pospuso respecto a la cosecha de 1997. Este problema no se presenta para materiales tardíos, ya que en ellos la cosecha se hace en el mes de diciembre, casi invariablemente en condiciones secas, lo cual favorece el proceso de cosecha (Henderson *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

Las variedades 'Froncosa' y 'Tulyehualco' produjeron mayor rendimiento de semilla en la alta densidad de población; la variedad 'Tulyehualco' produjo mayor rendimiento de semilla que 'Froncosa' en la densidad de siembra alta. En la alta densidad de población también se registraron altos valores para la biomasa aérea y menores valores para diámetro del tallo, porcentaje de acame y porcentaje de reverdecimiento, características agronómicas favorables para un mejor rendimiento de semilla.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo brindado por CONACYT a Guadalupe Torres Saldaña (Becaria No. 114217) para poder realizar los estudios de doctorado. Al revisor anónimo y al editor de estilo quienes contribuyeron para mejorar el manuscrito en su versión final.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandre I G, F Gómez (1986) El Cultivo del Amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 248 p.
- Arellano V J L (2001) El amaranto, un cultivo alternativo de alta calidad nutritiva. In: Memoria Técnica No. 1. SAGARPA INIFAP-CIR CENTRO. Chapingo, México. pp:51-59.
- Aufhammer W, H P Kaul, P Herz, E Nalborczyk, A Dalbiak, M Gontarczyk (1995) Grain yield formation and nitrogen uptake of amaranth. *Eur. J. Agron.* 4:379-386.
- Bansal G L, M C Rana, G Upadhyay (1995) Response of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) to plant density. *Indian J. Agric. Sci.* 65:818-820.
- Breene W M (1991) Food uses of grain amaranth. *Cer. Foods World* 36:426-430.
- De León F, S M M Hernández, J D Etchevers, Z F Payán, C V Ordaz (2000) Short-term compost effect on macroaggregation in a sandy soil under low rainfall in the valley of Mexico. *Soil and Tillage Res.* 56:213-217.
- Díaz O A, E J A Escalante, S A Trinidad, G P Sánchez, S C Mapes, M D Martínez (2004) Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra* 22:109-116.
- Espitia R E (1990) Plagas y enfermedades del cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp) en México. In: El Amaranto, su Cultivo y Aprovechamiento. S A Trinidad, L F Gómez, G. Suárez (comps) Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp:233-241.
- Estrada L A, C Sahagún (2001) Guía para Cultivar Amaranto en el Distrito Federal. Folleto para Productores No. 1. SAGARPA, INIFAP, CIR-CENTRO. CEVAMEX, Chapingo, Estado de México. 16 p.
- Hauptli H (1977) Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranths. In: Proc. Amaranth Sem., 1st, Maxatawny, PA. 29 July 1977. Rodale Press, Emmaus, PA. pp:71-81.
- Henderson T L, B L Johnson, A A Schneiter (2000) Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 92:329-336.
- Lee J H, W Aufhammer, E Kübler (1996) Produced, harvested and utilizable grain yield of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. X *A. hybridus*

L.) as affected by production techniques. Die Bodenkultur 47:5-14.

Martínez M D, F J Núñez, T Terrazas, R P L Del Mar, S A Trinidad, C Trejo, S A Larqué (1999) Plastic responses to clipping in two species of *Amaranthus* from the Sierra Norte de Puebla, México. Gen. Res. Crop Evol. 46:225-234.

Minitab Statistical Software (2000) Release 13 for Windows 95/98. Minitab Inc. USA.

Putnam D H (1990) Agronomic practices for grain amaranth. In: Proc. Natl. Amaranth Symp. 4th. 23-25 Aug. 1990. Minnesota Ext. Service. University of Minnesota. St. Paul, MN, U.S.A. pp:151-162.

Soil Survey Staff (1995) Claves para la Taxonomía de Suelos, versión 1994. C A Ortiz S, M C Gutiérrez C, J L García R. (trads). Publicación Especial 3, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS). Chapingo, México. 306 p.

Soriano S J (1993) Caracterización parcial de un concentrado proteínico del grano de amaranth. Ciencia 44:517-525.

Torres G, A Trinidad, T Reyna, H Castillo, N Bautista, F De León (2004) Barrenación del tallo de amaranth por *Hypolixus truncatulus* (Coleoptera: Curculionidae) y *Amauromyza abnormalis* (Diptera: Agromyzidae). Acta Zool. Mex. 20:131-140.

Wu H, M Sun, S Yue, H Sun, Y Cai, R Huang, D Brenner, H Corke (2000) Field evaluation of an *Amaranthus* genetic resource collection in China. Gen. Res. Crop Evol. 47:43-53.