

RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE PLANTA Y PANOJA DE AMARANTO EN RESPUESTA A NITRÓGENO Y CANTIDAD DE SEMILLA *

YIELD AND PLANT AND PANICLE TRAITS IN AMARANTH IN RESPONSE TO NITROGEN AND SEEDING RATE

José Luis Arellano Vázquez ^{1§} y Jorge Alberto Galicia Franco ²

¹Programa de Amaranto, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Km. 18.5 carretera Los Reyes-Lechería. Apartado Postal 10. 56230 Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. ²Departamento de Agronomía, Universidad Autónoma del Estado de México. [§]Autor para correspondencia: arevajolu@yahoo.com.mx

RESUMEN

Para mecanizar la cosecha del amaranto se requieren cultivares de porte bajo y uniforme, tallo delgado y alto rendimiento. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la dosis de nitrógeno y la cantidad de semilla sobre el rendimiento y características de la planta y panoja de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. Se estableció un experimento en Ayapango, Estado de México bajo condiciones de temporal en 1998. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas sub-subdivididas con cuatro repeticiones. Las dosis de nitrógeno fueron 0, 80 y 160 kg ha⁻¹, la cantidad de semilla 2, 4 y 6 kg ha⁻¹ y los cultivares Nutrisol, Revancha y Rojita. Las dosis de nitrógeno modificaron significativamente ($p < 0.01$) el rendimiento y el ancho de la panoja. La cantidad de semilla no influyó el rendimiento, pero sí las características de panoja estudiadas. El rendimiento promedio fue 1696 kg ha⁻¹. El mayor, 2922 kg ha⁻¹ se observó en el cultivar Nutrisol, significativamente superior al de Revancha y Rojita. Por sus características de 145 cm de altura, 13.6% de plantas acamadas, 7.9% de plantas enfermas y 20 cm de longitud de panoja, el cultivar Nutrisol es apto para la siembra y cosecha mecánica en la región de Ayapango, Estado de México, México.

Palabras Clave: *Amaranthus hypochondriacus* spp., *Macrophoma* sp., peso de grano, acame.

ABSTRACT

In order to mechanize the harvest of amaranth, short plants of thin stalk, uniform height and of high yield are needed. The objective of this research was to determine the effect of nitrogen dose and seed quantity on yield and plant and panicle traits of amaranth *Amaranthus hypochondriacus* L. An experiment was conducted at Ayapango, state of Mexico, Mexico, under rainfed conditions in 1998. A randomized complete blocks design with four replications and split-split plot arrangement was used. Nitrogen doses 0, 80 and 160 kg ha⁻¹, seed quantities 2, 4 and 6 kg ha⁻¹ and the cultivars Nutrisol, Revancha and Rojita were tested. Nitrogen rates showed significant effect on yield and panicle width ($p < 0.01$). Seed quantity showed no effect on yield, but on most of the plant and panicle traits recorded. Average yield was 1696 kg ha⁻¹. The highest yield of 2922 kg ha⁻¹ was observed in Nutrisol, significantly superior to Revancha and Rojita. On the basis of its characteristics: 145 cm plant height, 13.6% lodging, 7.9% of infested plants and 20 cm panicle length, cv Nutrisol is suitable for sowing and mechanical harvest at the Ayapango area in the state of Mexico, Mexico.

Key Words: *Amaranthus hypochondriacus* spp., *Macrophoma* sp., grain weight, lodging.

INTRODUCCIÓN

En las zonas productoras de amaranto de la Mesa Central de México, la densidad de población y la fertilización varían en función de la humedad disponible, fecha de siembra, tipo de cultivar y recursos financieros del productor. En los estados de Puebla y Tlaxcala se siembran de 80 000 a 140 000 plantas ha^{-1} y se obtienen rendimientos desde 1.5 hasta 2.0 t ha^{-1} con cultivares de la especie *Amaranthus hypochondriacus* spp., mientras que en Morelos se siembran de 200 000 a 320 000 plantas ha^{-1} con rendimiento de 2.0 a 2.5 t ha^{-1} con cultivares de la especie *Amaranthus cruentus* (Espitia, 1986). En Estados Unidos de América no se observó diferencia en rendimiento entre 19 800 y 160 000 plantas ha^{-1} con las que se obtuvieron 1983 y 1796 kg ha^{-1} , respectivamente (Edwards y Volack, 1980). Se ha comprobado que con densidades de entre 240 000 y 360 000 plantas ha^{-1} se desarrollan plantas de amaranto de porte bajo, con menor ramificación y diámetro de tallo, lo cual incrementa: rendimiento, mejora la uniformidad en la madurez de la panoja, secado de la planta y grano, lo cual favorece la cosecha mecánica (Edwards, 1981 y Haas, 1983).

Putnam (1990) evaluó dos cultivares de *A. hypochondriacus* x *A. hybridus* con poblaciones en el rango de 92 000 a 1 975 000 plantas por ha^{-1} y observó que el porcentaje de acame fue directamente proporcional a la densidad de población y determinó que 272 000 plantas fue la densidad óptima para ambos cultivares. Henderson *et al.* (2000) no observaron diferencia significativa en el rendimiento de 1 070, 990 y 1010 kg ha^{-1} obtenido con 74 000, 173 000 y 272 000 plantas ha^{-1} , respectivamente.

Por otra parte, Myers (1998) aplicó 0, 45, 90, 135 y 180 kg de N ha^{-1} a tres cultivares de amaranto y observó 42% de incremento en rendimiento con la dosis de 180 kg con respecto a la de 0 kg . La diferencia fue atribuida al mayor número de granos por planta, ya que el peso del grano y el número de plantas por ha se mantuvieron constantes. También observó que la dosis alta de nitrógeno retrasó la maduración del grano como resultado de un prolongado período vegetativo y un retraso en la maduración del grano. En cruces entre *A. hybridus* x *A. hypochondriacus*, fertilizadas con 0, 60, 120 y 240 kg de N ha^{-1} no se observó diferencia en el rendimiento, altura de planta ni en índice de cosecha; sin embargo, con la aplicación de 60 kg ha^{-1} el peso de grano por planta fue mayor con respecto al de 0 kg ha^{-1} (Makus, 1991). En cultivares derivados de *A. hypochondriacus* x *A. hybridus* evaluados en tres localidades en Minnesota,

Estados Unidos de América con densidades de población de 250 000 plantas ha^{-1} y dosis de 0 a 270 kg de N ha^{-1} , se observó que el rendimiento varió de 794 a 1980 kg ha^{-1} por efecto de la dosis; aunque al incrementar la dosis de nitrógeno el porcentaje de acame aumentó y la eficiencia de uso del nitrógeno disminuyó.

En las áreas productoras de amaranto de la Mesa Central de México se cuenta con poca información sobre el efecto conjunto de densidad de población, fertilización y tipo de cultivar. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la dosis de nitrógeno y cantidad de semilla ha^{-1} sobre el rendimiento de grano y las características de planta y panoja de tres cultivares de amaranto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. El experimento se estableció en Ayapango, Estado de México, México, ubicado en los 19° 10' de latitud norte y 98° 45' de longitud oeste a 2400 msnm. El clima del sitio es templado, el más húmedo de los subhúmedos con precipitación pluvial media anual de 800 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual entre 12 y 18 °C (García, 1973). El suelo es de textura arenosa, profundo, con 1.9% de contenido de materia orgánica, buen drenaje y respuesta a la fertilización (Oropeza *et al.*, 1990).

Material genético. Se utilizaron los cultivares Nutrisol, Revancha y Rojita de *A. hypochondriacus*, desarrollados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), las cuales son recomendadas para los Valles Altos de la Mesa Central de México, entre 2100 y 2400 msnm. El cultivar Nutrisol pertenece a la raza "Azteca", con ciclo de cultivo de 180-200 días y altura de planta de 160 a 250 cm. Revancha corresponde a la raza "Mercado", con ciclo de 120-150 días y altura de 120 a 180 cm. Rojita es de la raza "Nepal", con ciclo de 110-120 días y altura de 100 a 120 cm (Espitia, 1989).

Cantidad de semilla. Los tratamientos de cantidad de semilla se determinaron con base en la cantidad que utilizan los productores en los diferentes sistemas de cultivo en la región y fueron: 2, 4 y 6 kg ha^{-1} .

Dosis de fertilización nitrogenada. La siembra se realizó en forma manual en el fondo del surco y se cubrió con 1.5 cm de suelo. Las dosis de nitrógeno (N), 0, 80 y 160 kg ha^{-1} se determinaron con base en la fórmula de fertilización

recomendada por el INIFAP, 80-40-00 kg ha⁻¹ (Espitia 1989). Al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno y 40 kg ha⁻¹ de fósforo, la segunda mitad de nitrógeno se aplicó a los 50 días posteriores a la siembra.

Fecha de siembra y labores del cultivo. El experimento se estableció el 19 de junio de 1998, bajo condiciones de temporal. El control de maleza se efectuó en forma manual.

Diseño experimental y tamaño de parcela. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones con arreglo en parcelas sub-subdivididas, en la parcela grande se aplicaron los niveles de fertilización nitrogenada, en la subparcela las cantidades de semilla para siembra y en la sub-subparcela los cultivares. La unidad experimental fue de tres surcos de 5 m de largo por 0.8 m de separación, la parcela útil fue 1 m² o tres plantas del surco central, de acuerdo a la característica evaluada.

Características evaluadas. Número de plantas establecidas por m² (Plm), determinado a los 30 días después de la siembra. Altura de planta en cm (ALP). Días a inicio de floración (INFL), desde la fecha de siembra hasta que las primeras anteras dispersaron polen en 50% de las plantas. Días a floración media (FLM), desde la fecha de siembra hasta que en la mitad de la panoja se observaron anteras con dispersión de polen. Acame (AC), porcentaje de plantas con inclinación de 45° o más. Circunferencia de tallo (CT) en la parte media de la planta. Porcentaje de plantas enfermas (PE) a través de la identificación visual de la mancha negra de tallo (*Macrophoma sp.*) en el primero y segundo tercio de la planta antes de la cosecha (Sánchez *et al.*, 1991). Longitud promedio de la panoja principal (LP). Ancho de la panoja (GP) en su parte media. Número de panojas grandes por m² (PG) con 15 a 30 cm de longitud. Número de panojas chicas por m² (PCH) con menos de 15 cm de longitud. Peso promedio de grano por panoja de una muestra de tres plantas sanas (PGPS). Peso promedio de grano por panoja de tres plantas enfermas (PGPE). Porcentaje de plantas con panoja (PLCP) y rendimiento de grano (REND).

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias para efectos individuales y de interacción con base en la prueba de Tukey ($p < 0.05$) (SAS Institute, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de planta

Se detectó diferencia significativa ($p < 0.01$) para dosis de N, cantidad de semilla y cultivar: entre dosis de N para Plm, ALP, AC y PE; entre cantidades de semilla, para Plm y ALP y entre cultivares, para todas las características de planta, excepto CT. En la interacción dosis de N por cultivar se observó diferencia ($p < 0.01$) entre AC y PE (Cuadro 1). Con base en lo anterior, se infiere que la disponibilidad de nitrógeno influyó sobre el vigor de tallo y la tolerancia a enfermedades. La cantidad de semilla determinó el número de plantas establecidas por m² y la altura de planta, características que en conjunto reflejan “la capacidad competitiva del cultivar”. Las características genéticas del cultivar influenciaron el número de plantas establecidas por m², altura de planta, período a inicio de floración y floración media, porcentaje de acame y de plantas enfermas. La significancia de la interacción dosis de N por cultivar sugiere que éstos responden a dosis específicas de N en el porcentaje de acame y de plantas enfermas. No se observó interacción de cantidad de semilla por cultivar, ni de dosis de N por cantidad de semilla por cultivar. Los altos coeficientes de variación obtenidos para las variables PLm, AC y PE se debieron a la variabilidad causada por la interacción genotipo por ambiente.

Con las dosis de 80 y 160 kg de N ha⁻¹ se observó que ALP y AC fueron significativamente mayores que el tratamiento sin nitrógeno y mostraron menor incidencia de plantas enfermas (Cuadro 2), lo cual concuerda con lo observado por Elbehri *et al.* (1993) y Myers (1998) en el sentido de que a mayor cantidad de nitrógeno, mayor altura y acame de planta. Las características PLm, INFL, FLM y CT no se modificaron por efecto de las dosis de N (Cuadro 2).

Se observó diferencia significativa en PLm por efecto de la cantidad de semilla. Se establecieron 113.8 plantas por m² con la siembra de 2.0 kg ha⁻¹ y 207.3 con 6.0 kg ha⁻¹. La CT se redujo significativamente de 34.2 mm a 29.7 mm con la siembra de 4 y 6 kg de semilla ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 2).

El efecto de cultivar se observó en todas las características. El cv. Revancha obtuvo el mayor PLm con 200.1 y el cv. Nutrisol el menor con 118.1, por lo que es probable que la semilla de Nutrisol posea menor vigor de germinación y emergencia que Revancha; no obstante, en el cv. Nutrisol

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las características de planta de cultivares de amaranto con dosis de nitrógeno y cantidad de semilla. Ayapango, Estado de México, México. 1998.

Fuente de variación	G. L.	Características de planta						
		PLm	ALP (cm)	INFL (días)	FLM (días)	AC (%)	CT (mm)	PE (%)
Bloques	3	11434.4	341.6	0.6	0.3	294.7	11.8	246.0
Nitrógeno (N)	2	7232.5**	1156.3**	2.2	0.3	3925.0**	17.8	3366.8**
Error a	6	2277.3	221.0	0.5	0.3	855.8	4.1	277.1
Cantidad de semilla (S)	2	80251.3**	320.2**	0.2	0.3	8.3	3.1	174.4
S * N	4	3967.4	57.9	1.3	0.3	53.33	1.5	340.9
Error b	18	3007.6	200.2	1.4	0.3	429.9	2.4	185.4
Cultivares (C)	2	66226.2**	10749.5**	1533.3**	1296.4**	14186.1**	2.0	16149.8**
N * C	4	983.5	78.0	1.5	0.3	2240.2**	7.0	1646.1**
S * C	4	2047.2	42.0	1.0	0.3	902.7	2.4	255.2
N * S * C	8	2549.0	29.0	0.6	0.3	309.0	1.6	55.7
Error c	54	2557.9	106.2	1.1	0.3	520.6	21.0	265.9
CV		32.2	8.1	1.2	0.6	32.7	14.4	50.2

**= Diferencia significativa ($p < 0.01$); PLm= Plantas por m²; ALP= Altura de planta; INFL= Inicio de floración; FLM= Floración media; AC= Acame; CT= Circunferencia de tallo; PE= Plantas enfermas.

Cuadro 2. Características de planta de cultivares de amaranto con dosis de nitrógeno y cantidad de semilla. Ayapango, Estado de México, México. 1998.

Fuente de variación	Características de planta						
	PLm (Planta m ⁻²)	ALP (cm)	INFL (dds)	FLM (dds)	AC (%)	CT (mm)	PE (%)
Dosis de N							
00	156.3 a	120.1 b	89.6 a	96.0 a	26.3 b	30.6 a	43.5 a
80	141.4 a	130.3 a	89.9 a	96.1 a	35.5 a	32.9 a	27.9 b
160	169.4 a	139.5 a	89.4 a	96.0 a	47.2 a	31.6 a	25.8 b
Tukey 0.05	36.1	10.7	0.5	0.4	20.1	4.3	12.0
Cantidad de semilla							
2.0	113.8 c	129.1 a	89.5 a	96.1 a	36.9 a	34.2 a	30.3 a
4.0	148.8 b	127.6 a	89.6 a	96.0 a	36.1 a	31.2 b	34.7 a
6.0	207.3 a	123.3 a	89.7 a	96.0 a	36.1 a	29.7 b	32.2 a
Tukey 0.05	33.4	8.5	0.7	0.3	12.4	2.9	8.1
Cultivar							
Nutrisol	118.1 c	145.0 a	95.8 a	102.0 a	13.6 b	38.1 a	7.9 b
Revancha	200.1 a	124.3 b	90.3 b	96.1 b	45.5 a	29.0 b	45.0 a
Rojita	149.0 b	110.7 c	82.8 c	90.0 c	50.0 a	27.9 b	44.3 a
Tukey 0.05	28.7	5.8	0.6	0.3	12.9	2.6	9.2

PLm= Plantas por m²; ALP= Altura de planta; INFL= Inicio de floración; FLM= Floración media; AC= Plantas acamadas; CT= Circunferencia de tallo; PE= Plantas enfermas; dds= Días después de la siembra. Medias por columna con la misma literal son estadísticamente iguales.

se observó la mayor altura de planta de 145 cm, el mayor período a INFL y FLM con 96 y 102 días respectivamente, y la mayor CT con 38.1 mm, en comparación con los otros cultivares. Los cultivares Revancha y Rojita obtuvieron el mayor porcentaje de AC con 45.5 y 50% y el mayor

PE con 45.0 y 44.3% respectivamente, en comparación con Nutrisol, lo cual se atribuyó a que los dos cultivares fueron susceptibles a la mancha de tallo (Cuadro 2). El porcentaje de plantas acamadas se relacionó en forma directa con el de plantas enfermas, debido a que la

mancha negra afectó el tejido interno del tallo y lo debilitó (Sánchez *et al.*, 1991).

Características de panoja y rendimiento

Se observó diferencia ($p < 0.01$) entre dosis de N en el GP y REND, y entre cantidades de semilla para PG, PCH, PGPS, PGPE y PLCP; entre cultivares para todas las características excepto GP. En la interacción de dosis de N por cultivar se observaron diferencias ($p < 0.01$) para PGPS, PGPE y REND; sin embargo, en las interacciones: cantidad de semilla x cultivar y dosis de N por cantidad de semilla por cultivar no se observaron diferencias ni para las características de panoja (Cuadro 3), ni las de planta (Cuadro 1).

lo cual probablemente se debió a la alta competencia entre componentes de rendimiento modificados por la cantidad de plantas ha^{-1} . Henderson *et al.* (2000) observaron menor competencia y mortalidad de plantas con densidad de 74 000 plantas ha^{-1} , en comparación con 272 000.

Los porcentajes de PLCP fueron de 38.7, 39.9 y 30.5 para las cantidades de semilla de 2, 4 y 6 kg ha^{-1} respectivamente, y en el caso de los anteriores representaron aproximadamente un tercio del total de plantas establecidas en campo que fueron 1 138 000, 1 488 000 y 2 073 000, para 2, 4 y 6 kg ha^{-1} respectivamente, lo cual da un indicio del alto nivel de competencia entre plantas que se obtuvo aun con la utilización de 2 kg de semilla ha^{-1} . El PGPE fue 45

Cuadro 3. Cuadros medios y significancia estadística de las características de panoja y rendimiento de cultivares de amaranto con dosis de nitrógeno y cantidad de semilla. Ayapango, Estado de México. 1998.

Fuente de variación	G. L.	Características de panoja							
		LP (cm)	GP (cm)	PG (núm.)	PCH (núm.)	PGPS (g)	PGPE (g)	PLCP (%)	REND (kg ha^{-1})
Bloques	3	22.7	11.8	479.0	600.1	30.5	19.4	476.0	463910.7
Nitrógeno (N)	2	1.1	17.8**	109.3	121.0	49.1	14.4	107.7	2317400.7**
Error a	6	5.3	4.1	316.8	252.9	35.3	34.1	317.6	540542.7
Cantidad de Semilla (S)	2	2.0	3.1	705.8**	1196.8**	53.8**	56.4**	705.5**	300289.6
S * N	4	3.7	1.5	134.0	65.0	27.4	4.8	135.5	51921.5
Error b	18	7.7	2.4	92.7	116.3	17.6	8.8	93.3	248690.8
Cultivar (C)	2	65.1**	2.0	1010.5**	3466.8**	2362.3**	1531.5**	980.5**	44456619.4**
N * C	4	1.0	2.0	47.3	131.5	55.7**	35.7**	46.7	1388522.2**
S * C	4	9.2	7.0	201.8	83.5	23.8	28.1	202.8	562072.6
N * S * C	8	5.7	2.4	34.5	140.3	40.6	3.7	34.2	4146056.0
Error c	54	5.2	1.6	102.9	167.2	14.8	13.2	103.5	314416.0
CV		11.5	11.9	31.5	34.6	28.2	49.3	31.5	34.1

**=Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$); LP= Longitud de panoja; GP=Ancho de panoja; PG=Panojas de tamaño grande; PCH= Panojas de tamaño chico; PGPS= Peso de grano de la panoja de planta sana; PGPE= Peso de grano de la panoja de planta enferma; PLCP= Plantas con panoja; REND= Rendimiento de grano.

Con la aplicación de 0, 80 y 160 kg N ha^{-1} , se obtuvieron anchos de panoja promedio de 10.9, 12.5 y 11.1 cm respectivamente. La dosis de nitrógeno mostró ligero efecto sobre el rendimiento, lo cual se debió a que el contenido inicial en el suelo de este nutrimento fue suficiente para el nivel de productividad que se obtuvo. El amaranto extrae del suelo 41 kg de N, 8 de P y 7 de K por ha para producir 1350 kg ha^{-1} (Weber *et al.*, 1990). El número de PG y PCH fue significativamente mayor con 4 y 6 kg de semilla por ha^{-1} en comparación con 2 kg , lo cual se debió a la mayor cantidad de plantas establecidas por m^2 ; sin embargo, el PGPE y el por ciento de PLCP fueron significativamente menores con 6 kg de semilla ha^{-1} que con 2 kg (Cuadro 4),

y 55% menor que el PGPS con la siembra de 2 y 6 kg ha^{-1} de semilla respectivamente, lo cual indica que a mayor cantidad de semilla la mancha negra de tallo disminuye el peso de grano.

La cantidad de semilla no influyó significativamente sobre el REND. Se obtuvieron 1561, 1716 y 1636 kg ha^{-1} con 2, 4 y 6 kg ha^{-1} de semilla, respectivamente (Cuadro 4). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Edwards y Volack (1980) y Henderson *et al.* (2000). La mayor LP se observó en los cultivares Nutrisol y Rojita con 20 y 21 cm respectivamente; el mayor número de PG lo obtuvo el cv. Revancha; sin embargo, el mayor PGPS, PGPE, PLCP

Cuadro 4. Características de panoja y rendimiento de cultivares de amaranto con dosis de nitrógeno y cantidad de semilla. Ayapango, Estado de México, México. 1998.

Fuente de variación	Características de panoja							
	LP (cm)	GP (cm)	PG (núm.)	PCH (núm.)	PGPS (g)	PGPE (g)	PLCP (%)	REND (kg ha ⁻¹)
Dosis de N								
00	19.7 a	10.9 b	30.5 a	25.5 a	12.4 a	7.4 a	35.8 a	1353.6 a
80	20.0 a	12.5 a	31.6 a	21.8 a	14.5 a	6.8 a	37.7 a	1809.0 a
160	19.7 a	11.1 a	34.0 a	23.8 a	14.2 a	8.0 a	34.1 a	1752.1 a
Tukey 0.05	1.6	1.4	12.8	11.5	4.2	3.4	10.2	540.3
Cantidad de semilla								
2.0	20.0 a	11.6 a	27.1 b	17.0 b	14.3 a	8.0 a	38.7 a	1561.9 a
4.0	19.5 a	11.6 a	33.4 a	26.1 a	14.3 a	8.5 a	39.9 a	1716.7 a
6.0	19.9 a	11.1 a	35.6 a	27.7 a	12.5 a	5.7 b	30.5 b	1636.1 a
Tukey 0.05	1.6	0.9	5.7	6.4	2.5	2.0	5.7	309.2
Cultivar								
Nutrisol	20.0 a	11.6 a	27.0 b	32.9 a	22.9 a	14.9 a	50.7 a	2922.2 a
Revancha	18.4 b	11.4 a	37.6 a	24.6 b	10.8 b	4.8 b	31.0 b	950.7 b
Rojita	21.0 a	11.2 a	31.5 b	13.4 c	7.3 c	2.6 c	30.1 b	1041.8 b
Tukey 0.05	1.3	0.7	5.7	7.3	2.1	2.0	14.3	518.0

LP= Longitud de panoja; GP= Ancho de panoja; PG= Panojas de tamaño grande; PCH= Panojas de tamaño chico; PGPS= Peso de grano de panoja de planta sana; PGPE= Peso de grano de panoja de planta enferma; PLCP= Plantas con panoja; REND= Rendimiento de grano. Medias en una columna con la misma literal son estadísticamente iguales.

y REND los obtuvo el cv. Nutrisol con valores de 22.9 g, 14.9 g, 50.7 % y 2922 kg ha⁻¹, respectivamente. Esto indica que Nutrisol tuvo mayor tolerancia a la mancha negra de tallo, mejor adaptación a las condiciones ambientales de la localidad de prueba y mayor capacidad de rendimiento en comparación con los otros cultivares.

Con base en las características observadas de 145 cm de altura, 13.6% de acame, 7.9% de plantas enfermas, 20 cm de longitud de panoja y 2922 kg ha⁻¹ de rendimiento, el cv. Nutrisol podría ser apto para la siembra y cosecha mecanizada en la región de Ayapango, Estado de México, México. Espitia (1989) determinó que 160 cm es una altura de planta adecuada para la cosecha mecánica del amaranto con una cosechadora para cereales de grano pequeño. Majewsky *et al.* (1994) indicaron que con ajustes al espacio

libre del cóncavo es posible utilizar la cosechadora estándar para cosechar amaranto.

Interacción dosis de nitrógeno por cultivar para caracteres de planta y panoja

La interacción dosis de N por cultivar fue significativa para AC y PE (Cuadro 1) y para PGPS, PGPE y REND (Cuadro 3). No obstante, en la prueba de comparación de medias no se observó diferencia significativa entre cultivares, excepto para PE en la interacción 160 kg ha⁻¹ de N por Revancha, en la que se observó 28.7% menos PE respecto a las interacciones de este cultivar con 0 y 80 kg ha⁻¹ de N (Cuadro 5). Lo anterior significa que en los cultivares estudiados el REND y las características PGPS, PGPE, AC, y PE no se modificaron por efecto de la dosis de nitrógeno.

Cuadro 5. Características de planta y panoja y rendimiento de cultivares de amaranto. Interacción dosis de N por variedad. Ayapango, Estado de México, México. 1998.

Dosis de N	Características de planta y panoja				
	AC (%)	PE (%)	PGPS (g)	PGPE (g)	REND (kg ha ⁻¹)
00 * Nutrisol	12.0 b	10.1 b	19.2 a	13.8 a	2275.0 a
00 * Revancha	42.3 a	71.2 a	10.8 b	5.6 b	754.6 b
00 * Rojita	24.0 a	49.1 a	7.2 b	2.9 b	1031.6 b
80 * Nutrisol	15.6 b	5.0 b	24.2 a	13.4 a	3495.8 a
80 * Revancha	35.6 a	35.0 a	10.8 b	4.4 b	995.8 b
80 * Rojita	54.6 a	43.7 a	4.8 b	2.5 b	935.4 b
160 * Nutrisol	12.3 b	8.7 b	25.3 a	17.4 a	2995.8 a
160 * Revancha	58.0 a	28.7 b	10.9 b	4.3 b	1102.0 b
160 * Rojita	70.6 a	40.0 a	6.4 b	2.2 b	1158.3 b
Tukey 0.05	51.3	36.6	8.6	8.7	1261.6

*Cultivar; AC= Plantas acamadas; PE= Plantas enfermas; PGPS= Peso de grano por panoja en planta sana; PGPE= Peso de grano por panoja en planta enferma; REND= Rendimiento de grano.

CONCLUSIONES

Por las características de planta y panoja y su rendimiento, el cultivar Nutrisol puede ser recomendado para siembra y cosecha mecánica en la región de Ayapango, Estado de México, México.

En este estudio no fue posible determinar las dosis de nitrógeno y cantidad de semilla específicas para los cultivares estudiados debido a las condiciones de fertilidad del suelo en el sitio de estudio y a la interacción de los cultivares con el medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Edwards, A. D. and Volack, B. 1980. Grain amaranth: optimization of field population density. *In*: Proceedings Amaranth Conference 2nd. Rodale Research Center. Kutztown, PA. 13-14 Sept. 1979. Rodale Press. Emmaus, PA. USA. p. 91-94.
- Edwards, A. D. 1981. The effect of plant density on the agronomic qualities of *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus hybridus* and *Amaranthus caudatus*. New Crops Department. Organic Gardening and Farming Research Center. Rodale Press, Inc. Emmaus, PA. USA. p. 19-23.
- Elbehri, A. D.; Putnam, H. and Schmitt, M. 1993. Nitrogen fertilizer and cultivar effects on grain yield and N-use efficiency of grain amaranth. *Agron. J.* 85:120-128.
- Espitia R., E. 1986. Situación actual y problemática del cultivo de amaranto en México. *In*: Memoria del primer seminario nacional de amaranto. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México, México. p. 101-109.
- Espitia R., E. 1989. Guía para cultivar amaranto en los Valles Altos de la Mesa Central. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de México, México. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, Méx. p.13. (Folleto para Productores No. 18).
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México. 246 p.
- Haas, P. W. 1983. Amaranth density report. RRC/NC-83/3. New Crops Department. Rodale Research Center, Rodale Press. PA USA. 16 p.
- Henderson, T. L.; Johnson, B. L. and Schneider, A. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 92:329-336.
- Makus, D. J. 1991. Applied N affects vegetable and seed quality of amaranth. *In*: Proc. Natl. Amaranth Symp., 4th: Perspectives on Production, Processing and Marketing. Minneapolis, MN. 23-25 Aug. 1990. Minn. Ext. Serv. St Paul, MN. USA p 187-188
- Majewsky, Z.; Chlebowski, I.; Sypula, M. and Wierzbicki, D. 1994. Application of standard agricultural machinery to harvesting and post-harvest handling of amaranth. *Acta Horticulturae* 335: 95-98.

- Myers, R. L. 1998. Nitrogen fertilizer effects on grain amaranth. *Agron. J.* 90:597-602.
- Oropeza M., A.; López Z., V. D. y García L., D. 1990. Clasificación campesina de suelos del municipio de Ayapango Estado de México. *In: Investigaciones del oriente del Estado de México.* (Coord. López L., J. y Castellanos, J. Z.). Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. 184 p. 61-69.
- Putnam, D. H. 1990. Agronomic practices for grain Amaranth *In: Proceedings of National Amaranth Symposium 4th*, Minneapolis, MN. 23-25 Aug. 1990. Minnesota Ext. Serv. University of Minnesota, St Paul, MN. USA. p. 151-162.
- Sánchez E., M. C.; Espitia R., E. y Osada-Kawasoe, S. 1991. Etiología de la mancha negra del tallo (*Macrophoma sp.*) en Amarantho (*Amaranthus spp.*). Primer Congreso Internacional del Amarantho Sept. 22-27, 1991. Oaxtepec, Morelos, México. p. 67.
- Statistical Analysis Systems Institute (SAS Institute) 1996. SAS/STAT. Guide for personal computers. Version 6.12. Cary, NC. USA. 1028 p.
- Weber, L. E.; Applegate, W. W.; Baltensperger, Irwin, M. D.; Lehmann, J. W. and Putman, D. H. 1990. Amaranth grain production guide, Rodale Press, Amaranth Institute. Bricelyn, MN. USA. 22 p.