

## Rendimiento de amaranto en respuesta a la fertilización edáfica

OLALDE-GUTIÉRREZ, Víctor Manuel\*†, MASTACHE-LAGUNAS, Ángel Agustín, RAMÍREZ-LÓPEZ, Margarito, RAMÍREZ-SÁNCHEZ, Juana Rosivel

\*Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero 81, Primer Piso, Iguala, Gro. Tel Y Fax 01733 33 24328.

†Egresado del CEP-CSAEGRO de la Especialidad de Fitotecnia.

Recibido Mayo 19, 2014; Aceptado Noviembre 18, 2014

### Resumen

El amaranto es una planta que según evidencias arqueológicas se cree es originaria de Puebla, México; sin embargo, se ha cultivado desde Arizona y Nuevo México en Estados Unidos hasta Perú y Bolivia en Sudamérica. En México se cultiva en los estados de Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos y Estado de México, cultivándose 3,729 ha con una producción de 4,617.73 toneladas y un rendimiento promedio de 1.24 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2013). Como cualquier cultivo, la fertilización del amaranto dependerá de la fertilidad natural del suelo; no obstante, en general requiere de dosis medias de nitrógeno y fósforo y, en menor proporción, el potasio. El rendimiento económico de este cultivo en zonas de temporal y riego es mayor que en siembras de otras especies tradicionales, por ser un cultivo de ciclo corto resistente a la sequía (Anónimo, 2010a). En diferentes regiones templadas del país, los trabajos experimentales realizados han mostrado que el amaranto responde a la fertilización edáfica. Sabori (1989), encontró que el nitrógeno incrementó el contenido de proteína cruda del grano y planta; mientras que Valverde (1991) establece que en México la dosis óptima económica es de 240-100-00 kg ha<sup>-1</sup> para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Sin embargo, no existen evidencias del comportamiento agronómico y productivo de este cultivo en general y en particular a la fertilización edáfica, bajo condiciones de clima cálido subhúmedo (Valle de Cocula en Guerrero).

### Rendimiento, Amaranto, Fertilización Edáfica.

### Abstract

Amaranth is a plant which according to archaeological evidence is believed to be originally from Puebla, Mexico; however, it has grown from Arizona and New Mexico in the United States to Peru and Bolivia in South America. In Mexico it is grown in the states of Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Mexico City, Morelos, State of Mexico, cultivating 3,729 hectares with a production of 4617.73 tons and an average yield of 1.24 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2013). Like any crop, amaranth fertilization depend on the natural fertility of the soil; however, generally requires average doses of nitrogen and phosphorous and, to a lesser porporción, potassium. The economic performance of this crop in rainfed and irrigated crops is higher than other traditional species, as a growing drought resistant (Anonymous, 2010a) short cycle. In different temperate regions, the experimental study have shown that amaranth answered the soil fertilization. Sabori (1989) found that nitrogen increased the crude protein content of grain and plant; while Valverde (1991) states that in Mexico the economic optimum dose is 240-100-00 kg ha<sup>-1</sup> for N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. However, there is no evidence of agronomic and productive behavior of this culture in general and in particular the soil fertilization under humid warm weather conditions (Valle de Cocula Guerrero).

### Performance, Amaranth, Fertilization Edaphic.

**Citación** OLALDE-GUTIÉRREZ, Víctor Manuel, MASTACHE-LAGUNAS, Ángel Agustín, RAMÍREZ-LÓPEZ, Margarito, RAMÍREZ-SÁNCHEZ, Juana Rosivel. Rendimiento de amaranto en respuesta a la fertilización edáfica. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2014 – Abril 2015, 1-2:39-43

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: csaegro@prodigy.net.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El amaranto es una planta que según evidencias arqueológicas se cree es originaria de Puebla, México; sin embargo, se ha cultivado desde Arizona y Nuevo México en Estados Unidos hasta Perú y Bolivia en Sudamérica. En México se cultiva en los estados de Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos y Estado de México, cultivándose 3,729 ha con una producción de 4,617.73 toneladas y un rendimiento promedio de 1.24 ton ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2013). Como cualquier cultivo, la fertilización del amaranto dependerá de la fertilidad natural del suelo; no obstante, en general requiere de dosis medias de nitrógeno y fósforo y, en menor proporción, el potasio. El rendimiento económico de este cultivo en zonas de temporal y riego es mayor que en siembras de otras especies tradicionales, por ser un cultivo de ciclo corto resistente a la sequía (Anónimo, 2010a). En diferentes regiones templadas del país, los trabajos experimentales realizados han mostrado que el amaranto responde a la fertilización edáfica. Sabori (1989), encontró que el nitrógeno incrementó el contenido de proteína cruda del grano y planta; mientras que Valverde (1991) establece que en México la dosis óptima económica es de 240-100-00 kg ha<sup>-1</sup> para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Sin embargo, no existen evidencias del comportamiento agronómico y productivo de este cultivo en general y en particular a la fertilización edáfica, bajo condiciones de clima cálido subhúmedo (Valle de Cocula en Guerrero).

## Objetivos

1. Evaluar el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento del cultivo.
2. Determinar la influencia del fósforo sobre el rendimiento del amaranto.
3. Evaluar el efecto interactivo entre estos dos macronutrientes sobre el rendimiento del cultivo.

## Metodología

La presente investigación se realizó en el campo experimental del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado a la altura del kilómetro 14.5 de la carretera Iguala-Cocula; geográficamente localizado a los 18° 22'52" LN y 99° 33'52" LO, a una altitud máxima de 640msnm. El clima predominante en la región se identifica como Awo (w) (i') g, que corresponde al más seco de los climas cálidos subhúmedos. Las temperaturas media, máxima y mínima son de 26, 40 y 10° C, mientras que la precipitación media anual de 797 mm.

El suelo presenta topografía uniforme, generalmente plana, sin pedregosidad y poca erosión; pertenece al tipo de los vertisoles, que son de color oscuro, altos en arcilla montmorillonita, propenso a contraerse o a dilatarse y alta capacidad de intercambio catiónico; la textura es arcillosa, el pH fluctúa de 7.5 a 7.8, pobre en materia orgánica y nitrógeno total, alto en fósforo y medio en potasio.

El material genético utilizado en el experimento fue un criollo proporcionado por un productor de la comunidad de Huazulco, Mor. El genotipo conocido regionalmente como Payasa, se caracteriza por ser una planta vigorosa resistente al acame, con panoja de diferentes coloraciones (rosa, verde y anaranjada) y semilla color crema.

En este experimento se estudió la fertilización edáfica con nitrógeno (0-100-200-300 kg ha<sup>-1</sup>) y fósforo (0-60 kg ha<sup>-1</sup>), que se combinaron en un arreglo factorial 4x2, generando ocho tratamientos; los cuales se distribuyeron en campo en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La unidad experimental estuvo formada por tres surcos de 4m de longitud y 0.80m de separación, siendo el surco central la parcela útil, donde se evaluó el rendimiento.

Durante el ciclo del cultivo, se realizaron labores agronómicas como la preparación del terreno, que consistió en realizar barbecho y rastreo de manera convencional; para el control de plagas del suelo, se aplicó Counter 5%G en dosis de 10 kg ha<sup>-1</sup>. La siembra se llevó a cabo en la época de temporal (julio de 2009), depositando diez semillas por mata a una distancia de 0.20m y a una profundidad aproximada a 1cm. Después de la emergencia, se realizó el ajuste de densidad a los 15 días después de la siembra (dds), para dejar dos plantas por mata (125,000 pl ha<sup>-1</sup>). Las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron el sulfato de amonio al 20.5% de N y el superfosfato de calcio simple al 19.5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que se aplicaron según los tratamientos a los 20 dds en una sola aplicación en banda. La maleza se controló manualmente a los 15 dds con azadones, y se realizó una escarda cuando la planta tuvo una altura aproximada de 25cm. Durante el ciclo del cultivo se efectuaron aplicaciones de productos pesticidas para el control de plagas, siendo las más importantes: El grillo (*Gryllus assimilis* Acheta), Diabrotica (*Diabrotica balteata* Le Conte) y Gusano verde (*Herpetogramma bipunctalis* Fabricius). Respecto a las enfermedades, éstas no influyeron económicamente en el cultivo. La cosecha se realizó manualmente cuando la semilla llegó a la madurez fisiológica (presencia de follaje amarillo, mayormente seco y cuando la semilla se desprendió con facilidad de la panoja). En esta época, para facilitar el desgrane, las panojas se cortaron con machete y se pusieron a secar a la sombra, hasta que se pudiera desprender totalmente la semilla, golpeándolas manualmente con un palo.

Las variables respuesta medidas para determinar el efecto de la fertilización edáfica fueron:

- a. Fenología. Se registraron las fechas de siembra, inicios de floración, fructificación y cosecha, para determinar los días después de la siembra de cada evento fenológico.
- b. Rendimiento. La semilla cosechada en cada parcela útil se ajustó a una humedad del 12% y se transformó en toneladas por hectárea.

La información colectada, principalmente el rendimiento se sometió a un análisis de varianza mediante el Statistical Analysis System (SAS) de acuerdo al diseño experimental usado. Además, se realizó una prueba complementaria de Tukey al 5% de probabilidad y prueba de tendencias.

### Resultados y discusión

**Fenología.** En general el ciclo del cultivo fue de 86 días; en 5, 12 y 36 días después de la siembra ocurrió la emergencia y los inicios de floración y fructificación; mientras que la cosecha se realizó entre los 85 y 86 días después de la siembra. De la Rosa y Alvarado (s/f) realizaron un estudio donde evaluaron la fenología del amaranto cultivado en Atzitzihuacan, Pue.; encontraron que el ciclo del cultivo fue de 138 días, con 8, 35 y 74 días a la emergencia, floración, fructificación. Las diferencias marcadas en la fenología de este cultivo, se deben a diferencias genéticas y su respuesta al ambiente, especialmente a la temperatura. El clima cálido en el Valle de Cocula, Gro., propició que el ciclo del cultivo fuera más corto.

## Componentes del Rendimiento y Rendimiento

**Longitud de la panoja.** El nitrógeno afectó la longitud de la panoja, con 100, 200 y 300 kg ha<sup>-1</sup> se alcanzaron 49.7, 54.4 y 51.7cm; mientras que sin nitrógeno fue de 44.5cm. El fósforo y su interacción con nitrógeno no influyeron en esta característica de la panoja (Cuadro 1). La longitud de la panoja se modeló a través de una tendencia de tipo cuadrática (Cuadro 2), encontrándose que el incremento inicial fue de 0.085cm día<sup>-1</sup>; después el crecimiento disminuyó hasta alcanzar el valor máximo (54.55cm) con 214.5 kg de N ha<sup>-1</sup>.

**Ancho de la panoja.** Al igual que la longitud, el ancho de la panoja se afectó por la dosis de nitrógeno (Tabla 1); con 100, 200 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>, se produjeron panojas de 14.3, 16.8 y 15.9cm y fueron 4.1, 6.6 y 5.7cm mayores que el testigo (10.2cm). El ancho de la panoja siguió un crecimiento cuadrático; en la parte lineal de la curva se incrementó en 0.057cm día<sup>-1</sup>, hasta alcanzar el valor máximo (16.6cm) con 230 kg de N ha<sup>-1</sup> (Tabla 2).

Factor	Nivel (kg ha <sup>-1</sup> )	Panoja		Rendimiento de grano Al 12% de humedad (kg ha <sup>-1</sup> )
		Longitud (cm)	Ancho (cm)	
N	0	44.57B	10.22C	937.90B
	100	49.70AB	14.29AB	1.720.70A
	200	54.55A	16.82A	1.920.30A
	300	51.77A	15.97AB	1.939.80A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	49.54A	14.37A	1.454.70A
	60	50.76A	14.28A	1.804.70B
Promedio		50.15	14.32	1.629.68
F.V.			Fc	
N		6.63**	23.27**	21.21**
LINEAL		13.06**	53.00**	48.96**
CUADRÁTICA		5.82*	16.33**	13.88**
CÚBICA		1.01NS	0.47NS	0.77NS
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.56NS	0.02NS	11.67**
N*P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		2.80NS	1.71NS	1.62NS
C.V. (%)		9.23	11.99	17.77

NS=No significativo (Pr>0.05), \*=Significativo (Pr≤0.05 y Pr>0.01) \*\*=Altamente significativo (Pr≤0.01), α=Valores con igual literal en la columna son estadísticamente iguales (Tukey al 5% de probabilidad).

**Tabla 1** Componentes del rendimiento y rendimiento de grano de amaranto en respuesta a la fertilización edáfica

## Rendimiento de grano al 12% de humedad.

El rendimiento se afectó por la fertilización con nitrógeno y fósforo (Cuadro1). Con 100, 200 y 300 kg ha<sup>-1</sup> de N se encontraron los mayores rendimientos (1721, 1920 y 1940 kg ha<sup>-1</sup>) que fueron 183.48, 104.69 y 106.82% superiores al tratamiento testigo (0 kg de N ha<sup>-1</sup>). Respecto a la respuesta de rendimiento a la aplicación creciente de nitrógeno, se representó con una tendencia de tipo cuadrática, con una dosis óptima fisiológica de 2,002 kg ha<sup>-1</sup> con 233.8 kg de N ha<sup>-1</sup> y una dosis óptima económica para producir 1,997 kg ha<sup>-1</sup> con 217.8 kg de N ha<sup>-1</sup> (optimizando con el modelo del Tabla 2).

En relación al fósforo, la aplicación de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> incrementó en 866.8 kg ha<sup>-1</sup> el rendimiento de grano, respecto al testigo; este incremento se modeló con una tendencia de tipo lineal, observando una tasa de 5.83 kg de grano por kg de fósforo aplicado (Tabla 2). El rendimiento promedio del amaranto en las principales regiones productoras de México reportado por el SIAP (2013) es de 1.24 ton ha<sup>-1</sup>; este rendimiento es inferior al obtenido en este experimento; por lo que este cultivo puede ser una alternativa potencial para cultivarse en regiones de clima cálido subhúmedo de la región Norte del Estado de Guerrero.

**Tabla 2** Modelos de mejor ajuste entre el rendimiento y sus componentes en respuesta al nitrógeno y fósforo

Variable	Modelo	R <sup>2</sup>
Longitud de la panoja	$L = 44.203 + 0.0858N - 0.0002N^2$	0.95
Ancho de la panoja	$A = 10.132 + 0.0566N - 0.0001N^2$	0.99
Rendimiento de grano	$R = 958.05 + 8.9N - 0.019N^2$	0.98
Rendimiento de grano	$R = 1454.7 + 5.83P_2O_5$	0.99

## Conclusión

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados, se concluye que:

1. La longitud y ancho de la panoja se incrementaron con el nitrógeno; en tanto que con fósforo no hubo respuesta.
2. El nitrógeno y fósforo aumentaron el rendimiento de grano.

## Referencias

Anónimo. 2010. Fertilización del amaranto. Disponible en:

<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/prod/CDrom/contenido/libro01/cap5.htm>.

De la Rosa y Alvarado (s/f). Tecnología de producción orgánica de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) en Atzitzihuacan, Puebla. Disponible en: <http://www.fuppue.org.mx/CONVERTIDOS%20PDF/Amaranto/Informe%20final.pdf>.

Sabori P., R. 1989. Fertilización con nitrógeno y potasio en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) tipo mercado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 422 p.

SIAP. 2013. Agricultura, producción anual. Disponible en:

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Valverde F., M. 1991. Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo y rendimiento de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) tipo mercado. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 85 p.