

FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA DEL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y EN EL SUELO EN TEPANGO, PUEBLA, MÉXICO

CHEMICAL AND ORGANIC FERTILIZATION OF AMARANTH
(*Amaranthus hypochondriacus* L.) CULTIVATION AND ITS EFFECT
ON YIELD AND SOIL IN TEPANGO, PUEBLA, MEXICO

**Karen Yomari Guzmán-Escobar¹, Rogelio Oliver-Guadarrama^{1*},
María Eugenia Bahena-Galindo¹, María Idalia Cuevas-Salgado²**

¹Laboratorio de Edafoclimatología, Departamento de Biología Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

²Laboratorio de Entomología, Departamento de Biología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Av. Universidad No.1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor para correspondencia. Correo-e: olivergr@uaem.mx

RESUMEN

México es considerado uno de los primeros sitios donde fue practicada la agricultura a nivel mundial; gracias a la tradición agrícola de nuestro país, se ha podido ser testigo de los cambios que ha sufrido. En México la agricultura es de suma importancia y está basada en pocos cultivos: maíz, frijol, arroz y caña de azúcar. Actualmente, uno de los cultivos alternativos capaz de suministrar a la población una ingesta balanceada y adecuada de nutrientes es el amaranto, el cual mediante estudios químicos se ha demostrado que tiene un alto valor nutricional. Si bien el Valle de México ha sido productor tradicional del cultivo, en los últimos años el

estado de Puebla ha destacado por el impulso que le ha dado desde la década de 1980; la superficie sembrada de amaranto en 2014 a nivel nacional fue de 4,937.75 ha con una producción de 6,366.99 ton y a nivel estatal 1932 ha con una producción de 2155.5 ton. Empleando fertilización orgánica, misma que utiliza productos naturales que resultan de la descomposición de materia vegetal y animal. Estos abonos contribuyen a mejorar las características físico-químicas y biológicas del suelo al aportar nutrientes y compuestos de carbono asimilables para las plantas. En el presente trabajo se evidencia el uso de abonos orgánicos que favorecen el suelo.

Palabras clave: Abonos orgánicos, amaranto, fertilización, suelo.

ABSTRACT

Mexico is considered one of the first places where agriculture was practiced worldwide; thanks to the agricultural tradition of our country, has been able to witness the changes it has undergone. In Mexico, agriculture is very important and is based on few crops: maize, beans, rice and sugar cane. Currently, one of the alternative crops capable of supplying the population with a balanced and adequate intake of nutrients is amaranth which, through chemical studies, has been shown to have a high nutritional value. Although the Valley of Mexico has been a traditional producer of the crop, in recent years, Puebla State has stood out for the momentum it has given since the 1980s; the area planted with amaranth in 2014 at the national level was 4,937.75 ha with a production of 6,366.99 ton, in statewide: 1,932 ha with a production of 2,155.5 ton. Employing organic fertilization, which uses natural products that result from the decomposition of plant and animal matter. These fertilizers contribute to improve the physical-chemical and biological characteristics of the soil by providing nutrients and assailable carbon compounds to plants. In the present work the use of organic fertilizers that favor the soil is evidenced.

Keywords: *Organic fertilizers, amaranth, fertilization, soil.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la agricultura orgánica está definida como el sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas especiales y que a su vez, prohíbe el uso de fertilizantes y plaguicidas de origen químico, siendo su principal objetivo el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y de las condiciones de vida de aquellos que la llevan a cabo (Gómez, 2004).

El cultivo de amaranto mejor conocido como “alegría”, es uno de los más antiguos de Mesoamérica, los Aztecas,

Mayas, Incas, pueblos recolectores y cazadores, lo consumían en igual importancia que el maíz y el frijol, los primeros datos de esta planta datan de 10 mil años atrás (Asociación Mexicana del Amaranto, 2010).

Entre los aztecas, el amaranto se ofrecía como tributo a los dioses, se consumía en forma de atole por los guerreros porque se consideraba que aportaba fortaleza física, era apreciado especialmente por su valor alimenticio, sin embargo a la llegada de los españoles su cultivo y consumo fue prohibido y casi erradicado por su relación con las ceremonias religiosas y por su parecido a la sangre cuando se combinaba con miel de tuna roja. Solamente sobrevivió en pequeñas áreas de cultivo esparcidas en zonas montañosas de México y los Andes (Asociación Mexicana del Amaranto, 2010; Franco y Franco, 2010).

El interés internacional ha favorecido mayor atención hacia el cultivo de amaranto. Su conocimiento, colecta, caracterización y mejoramiento en México, se ha impulsado desde la década de 1980 y se ha continuado, aunque no de manera sostenida, hasta el presente. Existen también iniciativas de la sociedad civil y del sector privado para impulsar su cultivo, difusión y comercialización, principalmente en el estado de Puebla a través del Componente de Desarrollo Productivo del Sur Sureste, del Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria; apoyando a productores de este cereal, con 5 millones de pesos, 2 millones en subsidios y 3 en créditos para producción, en beneficio de 500 hectáreas (SAGARPA, 2010).

El estado de Puebla es el mayor productor de amaranto con 51% de la producción total nacional, el cual se siembra principalmente en los municipios de Tochimilco, Cohuecán, Atzizihuacán, Atlixco, Huaquechula y San Salvador El Verde.

La superficie sembrada de amaranto en 2014 a nivel nacional fue de 4,937.75 ha

con una producción de 6,366.99 ton; a nivel estatal (Puebla) se sembraron 1932 ha con una producción de 2,155.5 ton y a nivel municipal (Cohuecán), 260 ha con una producción de 390 ton, lo que corresponde a 1.29, 1.2 y 1.5 ton/ha, respectivamente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente investigación, se establecieron 4 parcelas experimentales durante el periodo de junio a diciembre del 2014 bajo el régimen de temporal, en un terreno del municipio de San Francisco Tepango, Puebla. Se implantó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 2 repeticiones. Las parcelas fueron de 40 m de largo por 4 m de ancho.

Los tratamientos utilizados para la fertilización de cada una de las parcelas fueron:

- Tratamiento 1: 1 bulto de Gallinaza (35 kg).
- Tratamiento 2: 1 bulto de Gallinaza (35 kg) y 1 bulto de Zeolita (35 kg).
- Tratamiento 3: 1 bulto de Zeolita (35 kg).
- Tratamiento 4: 1 bulto de fertilizante químico 18-46-00 (18% de N, 46% de P, 00% de K) (50 kg).

Para el óptimo desarrollo de la investigación el trabajo se dividió en dos partes: trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

TRABAJO DE CAMPO

Preparación del terreno. Este se realizó de forma tradicional, se efectuaron dos barbechos y una rastra con la finalidad de airear el suelo y exponer las plagas al sol para evitar daños posteriores al cultivo; el

surcado del terreno se realizó con una separación entre surcos de 80 cm. La delimitación de las parcelas se llevaron a cabo utilizando estacas de madera. Posterior a esto se realizó el primer muestreo edáfico a una profundidad de 0-30 cm en cada parcela tomando 1 kg de muestra y el segundo al término de la cosecha.

Siembra. La siembra de la semilla se realizó el día 19 de junio de 2014, de forma mateada, tomando un puño de semilla con la mano (5 g aprox.) haciendo con un orificio sobre el borde del surco de aproximadamente medio milímetro y colocando la semilla para posteriormente cubrirla con un poco de suelo.

Fertilización. Para la aplicación de cada uno de los tratamientos se tomó como referencia la dosis óptima de nitrógeno total que requiere el cultivo de amaranto, que es de 150 kg de N por ha (Campos, 1999; Oliver *et al.* 2000). La fertilización se realizó una vez que la planta había alcanzado los 20 cm de altura (aproximadamente 40 días después de la siembra).

Cosecha, secado y trillado. Para la cosecha se cortaron las panojas de amaranto cuando al tocarlas la semilla se queda en la mano y ésta presenta un color amarillo y el centro ya no se ve cristalino; se expusieron al sol durante 1 mes para que se secaran perfectamente. Una vez secas se juntaron por tratamientos y se trillaron. Con ayuda de un palo se azotaron hasta que la panoja ya no tuviera semilla.

Mediciones morfométricas. En cuanto al crecimiento botánico se tomaron datos de altura de la planta, altura y perímetro de la panoja. Se seleccionaron 15 individuos al azar de cada una de las parcelas con diferentes tratamientos, con un total de 120 plantas muestreadas.

TRABAJO DE LABORATORIO

Análisis edafológicos. Para el análisis edafológico se realizaron dos muestreos. El primero se realizó ocho días previos a la

siembra en el mes de junio del 2014 (presiembra) y el otro después de la cosecha (poscosecha), tomando muestras de cada una de las parcelas con los diferentes tratamientos. Se realizaron análisis en el laboratorio determinando los parámetros físicos y químicos que se mencionan en el Cuadro 1.

Análisis Estadísticos. Para la comparación y la determinación de diferencias entre los tratamientos se utilizó el programa Excel, mediante el cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de bloques al azar con un nivel de significancia de $P < 0.05$ y pruebas Tukey para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Es sabido que el amaranto puede desarrollarse en todos los tipos de suelo y que se adapta a diferentes condiciones climáticas y de altura, por lo que diversos autores han sugerido que el rendimiento depende directamente de las condiciones climáticas de la zona donde se lleve a cabo el cultivo, las propiedades físicas del suelo, el nivel de fertilidad del mismo y las prácticas agronómicas que se realicen en el cultivo.

El rendimiento es considerada la variable más importante tanto para productores como para investigadores (Ocampo, 2003), se obtiene al cuantificar la semilla obtenida de la cosecha y se expresa en toneladas por hectárea (ton/ha) (Taboada y Oliver, 2003).

En la parcela experimental de San francisco Tepango, los rendimientos obtenidos fueron los siguientes: el tratamiento 1, 2350 kg/ha; el tratamiento 2, 2625 kg/ha; el tratamiento 3, 2075 kg/ha y el tratamiento 4, 2625 kg/ha (Figura 1). Considerando que el rendimiento promedio del amaranto a nivel estatal oscila entre 1000 y 1500 kg/ha, puede decirse que lo obtenido en el presente estudio en los cuatro

tratamientos fueron superiores al rango estatal.

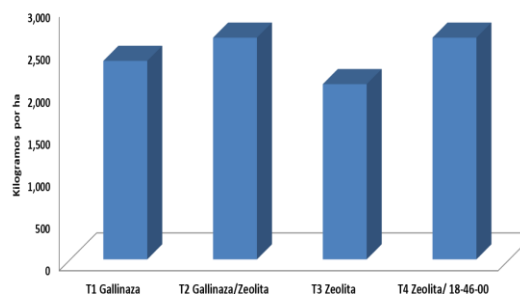


Figura 1. Rendimiento obtenido por tratamiento, en la parcela experimental del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Datos Botánicos

La fertilización es y ha sido uno de los factores que más contribuyen al incremento del rendimiento de los cultivos. Los datos tomados de las plantas fueron altura total de la planta, altura de la panoja y el perímetro de la panoja, se consideraron dichas variables porque son importantes para el rendimiento del cultivo. La altura de la planta es la base que da soporte a toda la planta y a la inflorescencia que produce la semilla y se asocia al rendimiento. El Cuadro 2 muestra el promedio obtenido para cada variable por tratamiento.

Una vez realizado el análisis estadístico dentro de los grupos no se presentó diferencia significativa con un 95% de confiabilidad, entre grupos se registró diferencia significativa con una $P < 0.05$ siendo el tratamiento de gallinaza-zeolita el que presentó mayor altura en las plantas y esto se ve reflejado en un mayor rendimiento (kg/ha) de semilla con respecto del resto de los tratamientos.

En el Cuadro 3 se reportan las alturas de las plantas en trabajos de diversos autores y en diversas épocas realizados con amaranto utilizando gallinaza como fuente de nitrógeno.

Cuadro 1. Técnicas de laboratorio para análisis de suelo del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Análisis Físicos		Análisis Químicos	
Parámetros	Método utilizado	Parámetro	Método utilizado
Color en Seco y húmedo	Comparación de cartas de Munsell (1992)	pH en H ₂ O y en KCl	Método del potenciómetro (Aguilera, 1989)
Densidad aparente	Método de la probeta	Materia orgánica (%)	Método de la combustión de Walkley y Black
Densidad Real	Método del picnómetro (Baver, 1956)	Carbono (%)	Calculo a partir de la obtención del % de la materia orgánica (Jackson, 1982)
Porosidad	Calculo relación densidad real y aparente	Nitrógeno (%)	Método de Kjendahl de digestión y oxidación.

Al evaluar los promedios de altura de las plantas de amaranto registrados por diversos autores, se encontró que el promedio obtenido en los cuatro tratamientos de San Francisco resultaron relativamente superiores al reportado por Monsalvo (2006) en su 2^a fecha de siembra.

Altura de la panoja. La altura de la inflorescencia (panoja) es otra de las variables asociadas al rendimiento, ya que depende de la estructura el llenado de grano. Dicha variable está relacionada directamente proporcional a la aplicación de

fuentes de nitrógeno, siempre que estos sean aplicados antes de que la panoja alcance su máximo crecimiento (Rojas, 2000).

Los resultados obtenidos (Cuadro 4) muestran que el tratamiento de gallinaza/zeolita (T₂) presentan la mayor altura (85.5 cm) con respecto al resto de los tratamientos. Una vez realizado el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas en los distintos tratamientos.

Cuadro 2. Descripción de datos botánicos del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Tratamiento	Altura de la planta cm	Altura de la panoja cm	Perímetro de la panoja cm
T ₁ Gallinaza	188.1	82.4	46.02
T ₂ Gallinaza/Zeolita	213.5	85.5	45.05
T ₃ Zeolita	198.7	78.4	37.3
T ₄ Zeolita/18 46 00	195.3	82.0	44.3

Cuadro 3. Promedios reportados de altura de planta de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) fertilizado orgánicamente con gallinaza.

Autor	Año	Altura total planta (cm)	Autor	Año	Altura total planta (cm)
Rojas	2000	133.2	Monsalvo (1 ^a fds)*	2006	126.12
García	2000	158.4	Monsalvo (2 ^a fds)	2006	183.5
Morales	2000	158.4	Monsalvo (3 ^a fds)	2006	78.57
Abad-Fitz	2003	173.3	González (1 ^a fds)	2007	149.0
Beltrán	2005	156.5	González (2 ^a fds)	2007	174.0
Jaramillo	2005	151.2	González (3 ^a fds)	2007	143.0

*fds; fechas de siembra

Perímetro de la panoja. Esta variable se generó midiendo los diámetros de treinta plantas muestreadas al azar, resultando importante ya que esta reportada una relación directamente proporcional entre el tamaño de estas y el rendimiento (Morales, 2000; Beltrán, 2005; Monsalvo, 2006). Los resultados expresados en el Cuadro 4, muestran que la gallinaza (T₁) presentó mayor perímetro (46.02 cm) seguido de la Gallinaza/zeolita, la zeolita/18 46 00, con 45.05 y 44.3 cm respectivamente; presentando el menor perímetro de panoja el tratamiento de la zeolita (37.3 cm).

Una vez realizado el análisis estadístico se manifiesta que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos.

Por lo que este parámetro no se encuentra relacionado con el rendimiento de la semilla en este experimento. En el Cuadro 4 se sintetizan los resultados obtenidos en trabajos anteriormente realizados en el mismo cultivo y en diversas localidades, que permiten contrastar con los reportados para esta localidad poblana. El valor reportado por García (2000) es el único que compite con los obtenidos en el presente trabajo y que casualmente su punto de coincidencia es que se trata de la misma zona geográfica, en un municipio relativamente cercano al que se realizó este trabajo. El resto de reportes muestran diferencias bastante notables en el perímetro de la planta y que evidentemente

contribuye a reforzar la idea de la relatividad proporcional entre esta variable y el rendimiento.

ANÁLISIS DE SUELO

Parámetros físicos

Color. El color del suelo refleja las propiedades biofísicoquímicas de la relación suelo-planta y está determinado por los porcentajes de materia orgánica (Aguilera, 1989). Es una de las características observables con facilidad, las variables de este se deben principalmente al contenido de materia orgánica, a los compuestos de hierro y a las sales minerales (Tamhane *et al.*, 1978).

Los resultados no mostraron cambios notables ya que en la presiembra y poscosecha en color seco presenta un color pardo amarillento y en húmedo presenta color pardo amarillento oscuro (Cuadro 5). Según los resultados obtenidos, en cuanto a este parámetro, el suelo no sufrió ningún cambio, ya que estos son aparentes a largo plazo, es decir, después de un periodo de por lo menos 3 años de adicionar al suelo gallinaza.

Densidad aparente, real y porosidad. La densidad aparente (DA) del suelo, es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en g/cm³ o ton/m³ (FAO, 2000).

Cuadro 4. Valores promedio de perímetro de panoja fertilizado con gallinaza.

Autor	Año	Perímetro de la panoja (cm)	Autor	Año	Perímetro de la panoja (cm)
Rojas	2000	34.71	Barreto <i>et al.</i>	2003	31.72
García	2000	38.76	Jaramillo	2005	30.48
Morales	2000	16.90	Beltrán	2005	22.23
Abad-Fitz	2003	30.06			

En términos generales, los suelos presentan una densidad aparente que oscila entre 0.6 g/cm^3 y 1.8 g/cm^3 , siendo indicativos de compactación de suelo, aquellos valores superiores a 1.8 g/cm^3 (Henríquez y Cabalceta, 1999). Es sabido que la materia orgánica disminuye la DA del suelo porque sus componentes son menos densos que los minerales; por lo que se espera que la densidad aparente del suelo disminuya tras la aplicación de abonos orgánicos (Vázquez, 2011).

La densidad real (DR) o de partículas, a diferencia de la DA, se define como la cantidad (masa) de los sólidos dividido entre el volumen de los mismos; es un valor menos variable que la DA y se calcula midiendo el volumen desplazado de líquido por una masa conocida de suelo en un frasco volumétrico de volumen también conocido (Henríquez y Cabalceta, 1999). El valor promedio de DR de los suelos es de 2.65 g/cm^3 variando muy poco entre los diferentes suelos.

Aguilera (1989) define a la porosidad como un espacio poroso ocupado por agua y aire, menciona que es el balance adecuado entre estos elementos junto con la parte mineral del suelo, los cuales son importantes para el desarrollo de las plantas. La porosidad se determina mediante el cociente obtenido entre la densidad aparente y densidad real.

Los resultados obtenidos en el muestreo presentan una disminución en la

densidad aparente en la poscosecha donde se aplicó Gallinaza los cuales aumentan la presencia de materia orgánica; ya que sus componentes son menos densos a los de los minerales (Cuadro 6).

Textura. La textura es una propiedad fundamental del suelo y tiene influencia sobre otros rasgos del mismo, esta determina el grado de finura y diámetro de las partículas del suelo (arena, arcilla y limo). El tamaño de las partículas, afecta tanto a los rasgos del suelo como a la capacidad de retención de agua y aire (Plaster 2000; Aguilera, 1989).

La textura se conservó como franco arenoso en los tratamientos 1, 2, y 4, para el caso del tratamiento 3 se registró una textura arena franca conservándose en la poscosecha (Cuadro 7).

Parámetros químicos

pH. Es una de las características químicas más importantes debido a su relación con la fertilidad, las poblaciones de microorganismos y con algunos parámetros físicos; es una característica de la solución del suelo y que depende de la concentración de iones hidronio (H^+) e hidroxilo (OH^-), ya que la proporción y distribución de estos iones en el suelo determinará el grado de acidez o alcalinidad del mismo, siendo ácido si hay mayoría de H^+ y alcalina si hay mayoría de OH^- (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Cuadro 5. Determinación de color en la presiembra y poscosecha del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Presiembra	Color en Seco	Color en húmedo
Tratamiento 1	10YR 5/3 pardo	10YR 3/3 Pardo oscuro
Tratamiento 2	10YR 5/4 pardo amarillento	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro
Tratamiento 3	10YR 5/4 pardo amarillento	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro
Tratamiento 4	10YR 5/4 pardo amarillento	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro
Poscosecha		
Tratamiento 1	10YR 5/4 pardo amarillento	10YR 3/3 pardo oscuro
Tratamiento 2	10YR 6/4 pardo ligeramente amarillento	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro
Tratamiento 3	10YR 5/6 pardo amarillento	10YR 3/3 pardo oscuro
Tratamiento 4	10YR 5/4 pardo amarillento	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro

Cuadro 6. Densidad aparente, real y porosidad del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Muestra	Densidad aparente g/cm ³	Densidad real g/cm ³	% de porosidad
Presiembra			
Tratamiento 1	1.12	2.5	55
Tratamiento 2	1.2	2.5	52
Tratamiento 3	1.15	2.63	57
Tratamiento 4	1.15	2.63	57
Poscosecha			
Tratamiento 1	0.8	2.4	67
Tratamiento 2	0.9	2.2	60
Tratamiento 3	0.9	2.5	64
Tratamiento 4	1.15	2.5	54

Cuando los suelos presentan valores de pH iguales o menores a 5.5 presentan problema para los productores, ya que a este rango de pH, los suelos se acidifican y comienzan a solubilizar elementos que pueden llegar a ser tóxicos para los cultivos;

mientras que a pH cercanos a la neutralidad (6.0 y 6.5, medidos en H₂O), se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes (Henríquez y Cabalceta, 1999; Abad-Fitz, 2003).

En la medición del pH, se puede dividir la acidez de reserva y la activa, dependiendo de la solución que sea utilizada. Cuando se utiliza una sal neutra como el KCl, se desplaza una mayor cantidad de iones ácidos que cuando se mide utilizando agua y tiene la ventaja de evita la dispersión del suelo, intentando igualar el contenido salino original del mismo; es así, que el KCl extrae una acidez de reserva por lo que sus valores son siempre menores a los obtenidos con agua, que extraen la acidez activa (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Los resultados de pH medido en Agua y KCl no mostraron diferencias al comparar los muestreos presembrado con respecto a los de poscosecha, tampoco entre valores de pH de cada tratamiento (Cuadro 8).

Porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno. La importancia de agregar materia orgánica al suelo está debidamente

relacionada a su capacidad de almacenar nutrientes mismos que serán utilizados por las plantas y a su vez mejorarán la productividad del suelo. Es una parte del suelo que se encuentra en varios estados de descomposición, está integrada a complejos compuestos que contienen carbono.

La fracción orgánica del suelo tiene un papel importante: regula los procesos químicos influye sobre las características físicas y biológicas, incluyendo las de la microfita, fauna y las del sistema de raíces de plantas superiores, además, suministra elementos nutritivos por medio de la mineralización, en particular la liberación de nitrógeno, asimismo ayuda a la estabilidad de la acidez del suelo.

La materia orgánica ayuda a los suelos arenosos elevando su capacidad de retención de agua y nutrientes, además mejora los suelos arcillosos soltándolos y mejorando su laboreo (Aguilera, 1989).

Cuadro 7. Porcentaje de Arena, Arcilla y Limo por tratamientos en presembrado y poscosecha del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Muestra	% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura
Presembrado				
Tratamiento 1	62.8	6.4	30.8	Franco arenoso
Tratamiento 2	62.8	6.4	30.8	Franco arenoso
Tratamiento 3	82.4	6.8	10.8	Arena franca
Tratamiento 4	60.4	6.4	33.2	Franco arenoso
Poscosecha				
Tratamiento 1	66	7.2	16.8	Franco arenoso
Tratamiento 2	69.6	7.6	22.8	Franco arenoso
Tratamiento 3	79.6	5.6	14.8	Arena franca
Tratamiento 4	71.6	9.6	18.8	Franco arenoso

Cuadro 8. Valores de pH por tratamiento presiembrado y poscosecha del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

Muestreo edáfico	Agua	KCl
Presiembrado		
T1 (Gallinaza)	7.42	6.5
T2 (Gallinaza/zeolita)	6.84	6.1
T3 (Zeolita)	6.6	6.12
T4 (Zeolita/18-46-00)	7.0	6.3
Poscosecha		
T1 (Gallinaza)	7.2	6.3
T2 (Gallinaza/zeolita)	6.4	6.0
T3 (Zeolita)	6.6	6.0
T4 (Zeolita/18-46-00)	6.7	6.02

Al comparar los resultados obtenidos presiembrado y poscosecha se evidencia que el aporte de material orgánico al cultivo favorece al suelo ya que la materia orgánica, el carbono y nitrógeno incrementaron, lo que nos indica que el uso de abonos orgánicos a corto plazo nos ayuda a mantener la fertilidad del suelo (Figura 2).

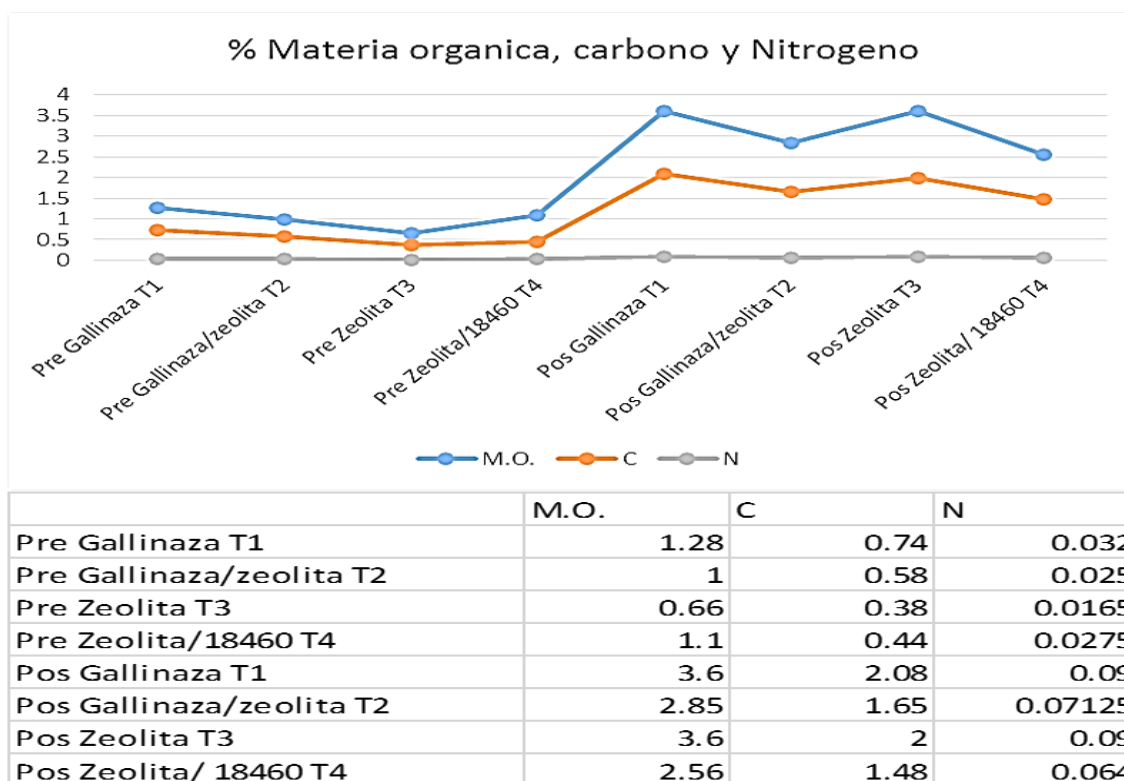


Figura 2. Contenido de materia orgánica, carbono y nitrógeno en el suelo en presiembrado y post cosecha del experimento de fertilización química y orgánica del cultivo de amaranto en Tepango, México.

CONCLUSIONES

La fertilización orgánica y química del amaranto permitió obtener un rendimiento mayor a la media registrada en el municipio de Cohuecán (1.5 t/ha) y a la media estatal de Puebla (1.8-2.1 t/ha). Los tratamientos con: gallinaza registró 2.3 t/ha; gallinaza/zeolita 2.6 t/ha; zeolita 2.0 t/ha y zeolita/18-46-00, 2.6 t/ha; por lo que se considera que los resultados obtenidos en este trabajo son aceptables. Por lo que es recomendable el uso continuo de abonos orgánicos.

De acuerdo a los resultados de los parámetros botánicos podemos decir que la altura de la plantas está estrechamente relacionada al rendimiento de la semilla ya que las plantas del tratamiento gallinaza-zeolita presentaron tanto mayor tamaño como mayor rendimiento.

El uso de abonos orgánicos incrementó considerablemente el porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno en el suelo después de la cosecha, como se observa en los datos obtenidos.

Los datos químicos obtenidos muestran que el uso de abonos orgánicos a corto plazo mantiene la fertilidad del suelo, proporcionando a la planta lo que necesita para su crecimiento, y a largo plazo mantiene nutrientes de reserva para próximos cultivos.

LITERATURA CITADA

Abad-Fitz I. 2003. *Efecto ecoclimático y fertilización orgánica en la producción de amaranto en un Andosol*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 76 pp.

Aguilera, H, N. 1989. *Tratado de edafología de México*. Tomo I. Laboratorio de Investigación de Edafología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias.

Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 222 pp.

Asociación Mexicana del Amaranto. 2010. *Centro de Información al Consumidor de Amaranto*. Recuperado el 21 de Agosto de 2010, de <http://www.amaranto.com.mx>

Barreto, S. M. P., M. Taboada S., R. Oliver G. y F. Bonilla H. (Edits.). 2003. *El cultivo de amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 45 pp.

Baver, L. D. 1956. *Soil physics* 81(4): 337. LWW.

Beltrán S., J. A. 2005. *Producción de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) fertilizado con gallinaza en Huazulco, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. 48 pp.

Campos I., L. 1999. *Perfil bromatológico de semilla de Amaranthus hypochondriacus bajo diferentes tipos de fertilización orgánica*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 48 pp.

Franco Olivos, R., O, X. J., & Franco Xolalpa, F. 2010. *Utilización del amaranto en la elaboración de productos alimenticios*. En J. García Pereyra, G. Alejandro Iturbide, C. Valdés Lozano, & H. Gómez, M. A. 2004. *La agricultura orgánica en México y en el mundo*. CONABIO. Biodiversidad no. 55: 13-15.

García, E. L. 2000. *Evaluación de gallinaza y urea sobre la producción de amaranto en Atzitzihuacán, Puebla*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 38 pp.

- Gómez M. A. 2004. *La agricultura orgánica en México y en el mundo*. CONABIO. Biodiversitas, 55: 13-15.
- Henríquez, H.C. y A.G. Calbaceta. 1999. *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con enfoque agrícola*. Escuela de Fitotecnia y Facultad de Agronomía. 1ra. Edición. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Jackson, M. L. 1982. *Análisis químico del suelo*. Editorial Omega. Barcelona, España. 622 pp.
- Jaramillo, S. F. 2005. *Estudio energético en la producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) con la aplicación de gallinaza como fuente de nitrógeno en Amilcingo, Morelos*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 42 pp.
- Monsalvo J., C. B. 2006. *Producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en tres fechas de siembra en Huazulco, Temoac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 45 pp.
- Morales O., E., 2000. *Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del amaranto en dos fechas de siembra en Cuernavaca, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 49 pp.
- Munsell. 1992. *Munsell Soil Color Charts*. Munsell. Color Co. U.S.A
- Oliver G, R., M. Taboada S., E. Morales, M. Rojas M. 2000. *Producción de amaranto con fertilización orgánica en Axochiapan, Morelos*. México 30° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Veracruz, Veracruz.
- Ocampo L., I. E. 2003. *Respuesta de diferentes dosis de fertilización orgánica (gallinaza) en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Huitzilac, Morelos*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 33 pp.
- Plaster, E.J. 2000. *La ciencia del suelo y su manejo*. Edit. Paraninfo. Madrid, España.
- Rojas, M. M. 2000. *Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. en el campo experimental de la UAEM*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 45 pp.
- SAGARPA-SIAP. 2010. Recuperado el 31 de Octubre de 2010, de Agricultura. Producción Anual: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Producción agrícola.
- Taboada S. M. y R. Oliver G. 2003. *Cultivo de amaranto con fertilización orgánica*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 48 pp.
- Tamhane R.V., D.P. Motiramani., Y.P. Bali., en colaboración con R.L. Donahue. 1978. *Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales*. Editorial Diana. México D.F. 53 pp.
- Vázquez B., N. 2011. *Abonos orgánicos y su efecto en el rendimiento y desarrollo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en el Municipio de Tochimilco, Puebla*. Tesis profesional de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos. 63 pp.