

CONDICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE UN ANDOSOL CULTIVADO CON AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN CUERNAVACA, MORELOS, MÉXICO

Marisela Taboada Salgado¹ y Rogelio Oliver Guadarrama^{1*}

¹Laboratorio de Edafoclimatología, Departamento de Biología Vegetal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. CP 62209, Correo-e: oliverrogelio@hotmail.com

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

El cultivo de amaranto en México ha sido considerado una tradición milenaria, se menciona que los aztecas lo cultivaban para ofrecerlo a los dioses en sus rituales pagano-religiosos y es durante el siglo XVI se le dio el nombre de ALEGRÍA al dulce que se elabora con la semilla reventada. Sin embargo, una de las preocupaciones constantes de los productores ha sido lo que denominan como el “empobrecimiento de la tierra”; el cultivo es excesivamente demandante de nitrógeno y un mecanismo para amortiguar el efecto ha sido la rotación de cultivos. Experimentalmente se ha cultivado amaranto en condiciones de temporal y en una unidad edáfica de tipo andosol, en las instalaciones del Campo Experimental de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos durante aproximadamente 15 años. En una primera etapa se emplearon fertilizantes químicos que tradicionalmente usaban los productores; se efectuaron muestreos edáficos en los que se determinó densidad aparente, densidad real, porcentajes de

arena, arcilla y limo; porosidad, textura, color en seco y en húmedo, materia orgánica y nitrógeno. En los últimos cinco años se han empleado abonos orgánicos (estiércol de gallina y vaca) que han evidenciado efectos sobre algunas características físicas y químicas, sin alternancia de cultivos; si bien, no se han manifestado cambios estadísticamente significativos, a excepción de los parámetros densidad real y porosidad, hoy día se ha cultivado en la misma superficie amaranto, con acumulaciones progresivas de materia orgánica y nitrógeno; condición que presupone mejoras en la estructura edáfica, además de adquirir tanto la semilla como los productores derivados de ella, un valor agregado. Es importante mencionar que no solamente se ha conseguido mantener las parcelas en condiciones experimentales; dicha actividad ha sido retomada por un grupo importante de productores del estado de Morelos, mismos que además de todo se han organizado en una asociación de amaranteros que pretende expandir su área de influencia.

Palabras clave: andosol, amaranto, suelos

ABSTRACT

The culture of amaranth in Mexico has been considered a millenarian tradition, it is mentioned that they cultivated it to the Aztecs to offer it to the Gods in its rituals pagan-monks and is during century XVI occurred the name him of JOY to the candy that is elaborated with the burst seed. Nevertheless, one of the constant preoccupations of the producers has been what they denominate like the "Earth impoverishment"; the culture is excessively nitrogen plaintiff and a mechanism to cushion the effect has been the rotation of cultures. Experimentally amaranth in conditions of weather and a edáfica unit of type andosol has been cultivated, in the facilities of the Experimental Field of the Independent University of the State of Morelos during approximately 15 years. In one first stage chemical fertilizers were used that traditionally the producers used; edáficos samplings took place in which it determined apparent densidad, real densidad, percentage of sand, clay and the slime; porosity, texture, color in dry and humid, organic matter and nitrogen. In the last five years organic installments have been used (dung of hen and cow) that has demonstrated effects on some physical and chemical characteristics, without rotation of cultures; although, statistically significant changes have not been pronounced, with the exception of the parameters real densidad and porosity, nowadays has worked in the same surface amaranth, with progressive accumulations of organic matter and nitrogen; condition that estimates improvements in the edáfica structure, besides acquiring so much the seed as the producers derived from her, a added value. It is important to mention that one has not only been able to maintain the parcels in experimental conditions; this activity has been retaken by an important group of producers of the state of Morelos, same that besides everything has been organized in an association of amaranteros that it tries to expand his area of influence.

Key words: andosol, amaranth, soil.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de amaranto en México ha sido considerado una tradición milenaria, se menciona que los aztecas lo cultivaban para ofrecerlo a los dioses en sus rituales pagano-religiosos y es durante el siglo XVI se le dio el nombre de alegría al dulce que se elabora con la semilla reventada. una de las peculiaridades de la familia amaranthaceae ha sido su plasticidad genética, condición a la que se han referido diversos investigadores; tal circunstancia ha sido uno de los agentes causales que ha impedido el establecimiento de claves taxonómicas generalizadas principalmente para las especies cultivadas, pertenecientes básicamente a la sección *Amaranthus*. al respecto, Alejandre y Gómez-Lorence (1986), refieren que el género *Amaranthus* es un grupo difícil taxonómicamente ya que ha existido una gran confusión en la nomenclatura y clasificación de estas plantas, atribuida principalmente a su gran semejanza y amplia distribución geográfica. aún así, el consenso ha permitido concluir que en México existen básicamente tres especies cuya semilla es comestible, y son: *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* y *A. caudatus*, (Espitía, 1986; Paredes *et al.*, 1990), las dos primeras cultivadas en México y Guatemala, en tanto que la tercera es cultivada en Perú y otras regiones de Sudamérica. Del amaranto se ha dicho en general que se adapta a muy variadas condiciones geográficas y a climas cálidos, templados, húmedos y aún secos (Early, 1977; Aguilar y Alatorre, 1978; Granados y López, 1986; Lutz, 1986). En tanto que Alejandre y Gómez (1981), mencionan que se han obtenido cosechas en climas secos, ya que el amaranto por tener un ciclo fotosintético C₄ es altamente eficiente para el aprovechamiento del agua. afirmación ésta última en la que coincide Sánchez-Marroquín (1980), quien aclara que el género *Amaranthus* tiene más de 50 especies y tipos, mismos que en última instancia se adaptan particularmente a una considerable gama de climas. Por su alto valor nutritivo, el amaranto es una de esas

plantas alimenticias potenciales; tanto el grano como sus hojas son fuente de proteína de buena calidad y otros nutrientes, y aptas para el consumo humano. las principales cualidades de esta planta como fuente de grano estriban en sus propiedades organolépticas y funcionales, destacándose el contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, cuyo balance es satisfactorio y consecuentemente de alto valor nutritivo, acercándose al balance óptimo requerido para la dieta humana. Contiene además, caroteno, hierro, calcio y vitamina c. la digestibilidad aparente de la proteína del amaranto varía de 75 a 80%, y la calidad proteínica del amaranto procesado se aproxima al valor de la caseína, con un contenido calórico de 390 calorías por 100 g. estas características brindan la posibilidad de combinar el amaranto con cereales, en especial con trigo, que es deficiente en lisina, proporcionando una combinación de aminoácidos más adecuada, según el patrón de FAO/OMS (1973).

Por otro lado, la fertilización es la práctica que en mayor medida ha contribuido en épocas recientes al incremento de la productividad. uno de los fertilizantes más tradicionales en la agricultura de temporal en México es el sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, que tiene como ventajas su baja higroscopicidad (humedad crítica de 79.2%) y su contenido de azufre. en una de las entidades más pequeñas de México, el estado de Morelos, se ha cultivado amaranto tradicionalmente desde la época de los tlahuicas, fertilizando siempre con sulfato de amonio. sin embargo, y sobre todo en los últimos años, una de las preocupaciones constantes de los productores de amaranto ha sido lo que denominan como el "empobrecimiento de la tierra"; es excesivamente demandante de nitrógeno, planteándose como mecanismo amortiguador del efecto, la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos que permitan en un mediano plazo la recuperación ecológica de este recurso

natural. los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; con ello, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980). En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982).

En consideración a lo anterior, el objetivo del trabajo fue: a) evaluar el impacto de los fertilizantes y abonos orgánicos han manifestado sobre propiedades físicas y químicas del suelo cultivado con amaranto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimentalmente se ha cultivado amaranto en condiciones de temporal en una unidad edáfica de tipo andosol, en las instalaciones del campo experimental de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos durante aproximadamente 15 años. En una primera etapa (los primeros diez años), se emplearon fertilizantes químicos

que tradicionalmente usaban los productores, particularmente sulfato de amonio en dosis de 150 Kg N/ha, misma que se determinó previamente como la dosis óptima. En los últimos cinco años, los productores de la región oriente del estado de Morelos, México, han iniciado el empleo de abonos orgánicos (estiércol de gallina y vaca), empleando la misma dosis. El amaranto se siembra en México en condiciones de temporal, es decir, es un cultivo dependiente de la precipitación que se recibe durante el período de lluvias, que en este caso es de mayo a octubre.

La semilla que usualmente se ha utilizado es *Amaranthus hypochondriacus* L.; la preparación del terreno da inició durante el mes de mayo con la limpia del terreno, posteriormente se realiza el barbecho, rastra y cruza; finalmente, el surcado con una distancia intersurcal de 0.90 m.

La fertilización cuando es inorgánica se ha realizado en dos etapas, la primera a los 20 días, también después de la siembra; la segunda a los 60 días después de la siembra, utilizando como fuente de nitrógeno sulfato de amonio. Cuando la fertilización ha sido orgánica, ésta se realiza 15 días antes de la siembra, utilizando gallinaza o vacaza, previa determinación del contenido de nitrógeno de éstos.

Con el objeto de evaluar las características edáficas, se realizaron muestreos (presiembrado y poscosecha) a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) de acuerdo a las características radicales del cultivo; en el laboratorio, se secaron, tamizaron y prepararon para efectuarles los análisis físicos y químicos con los métodos que se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Relación de determinaciones, métodos y referencias utilizadas en los análisis de las muestras de suelo.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	REFERENCIA
Color en seco y húmedo	comparación cartas Munsell	Munsell (1992)
Densidad aparente	volumétrico	Blake (1968), citado por Aguilera y Martínez (1980)
Densidad real	método de la probeta	Blake (1968), citado por Aguilera y Martínez (1980)
Porosidad	cálculo	Aguilera y Martínez (1980).
Textura	método hidrómetro de Bouyoucos	Aguilera y Martínez (1980)
Materia orgánica (%)	Walkley y Black	Jackson (1976)
Carbono (%)	cálculo	Jackson (1982)
Nitrógeno total (%)	método de Kjendahl de digestión y oxidación	Aguilera y Martínez (1980)
pH (H ₂ O) 1:2.25 y (KCl) 1:2.5	método del potenciómetro	Aguilera y Martínez (1980)

La siembra se realiza mediante el método tradicional a chorrillo, abriendo ligeramente el lomo del surco con una vara para ir depositando en forma continua la semilla a una profundidad aproximada de medio centímetro y enseguida con la ayuda de una rama se cubren los surcos ya sembrados.

Cuando las plántulas alcanzan de 15 a 20 cm de altura se procede a hacer el aclareo (desahije), dejando sólo 50 plantas por surco, lo que representó una densidad de población equivalente a 80,000 plantas por hectárea.

Se realizan deshierbes de manera manual cuantas veces sea necesario, al mismo tiempo se efectúan dos aporques, el primero al momento del desahije y la segunda, veinte días después del aclareo. Esta actividad se realiza para reducir el riesgo de acame de las plantas debido al peso de las futuras panojas.

La cosecha se realiza entre los meses de octubre y noviembre, dependiendo de la fecha de siembra, (por lo general a los 95 días de la siembra). Se cortan las panojas y se colocan en costales para facilitar su transporte hasta donde se trilla.

El trillado se lleva a cabo colocando las panojas sobre una manta para facilitar la caída de la semilla mediante el golpeteo a las panojas, posteriormente se sacuden manualmente. La semilla requiere como proceso final de un secado al sol que puede durar varios días, posteriormente se tamiza con una malla de 4 mm de abertura y finalmente se limpia con ayuda de un ventilador para separar los restos secos de las panojas y obtener únicamente la semilla limpia para cuantificar su peso y así el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 2, el primer muestreo efectuado durante 1991 contiene los registros de los análisis en parcelas donde se empleó sulfato de amonio en una unidad edáfica de tipo andosol. La segunda parte del cuadro contiene los resultados con abono orgánico (gallinaza o vacaza) en la misma unidad edáfica. Como puede observarse, si bien, no se han manifestado cambios estadísticamente significativos, se ha podido mantener en los últimos años la siembra continúa y no optar por la rotación de cultivos.

Alvarado *et al.* (2001) mencionan que una de las características que permite diferenciar los andosoles de otros suelos del mundo es su baja densidad aparente, propiedad física que permite identificarlos fácilmente en el campo. Agregan que desde el punto de vista mineralógico, los andosoles pueden dividirse en tres grupos: a) las cenizas volcánicas recién depositadas con densidades aparentes entre 1.1 y 1.4 g/cc, b) los suelos jóvenes en los cuales predomina el alófono en el complejo de arcilla y presentan densidades aparentes entre 0.3 y 0.7 g/cc y c) los más desarrollados en los cuales predominan la halosita mezclada con alófono y tienen densidades aparentes que fluctúan entre 0.7 y 0.9 g/cc (Forsythe, 1974; Alvarado 1992). Los resultados aquí registrados, permiten considerar que el grupo al que pertenece el área de muestreo es de suelos jóvenes con tendencia hacia los más desarrollados, sobre todo los abonados orgánicamente. Los porcentajes de porosidad asociados a estos valores, registran cambios aparentemente significativos, en virtud de que durante los primeros años fueron de alrededor de entre 20 y 43% y en los últimos muestreos los valores fueron entre 55 y 74%, coincidiendo estos últimos con los que suelos andosoles deberían registrar.

Cuadro 2. Características del suelo andosol cultivado con amaranto en 1991 y 2004.

Fecha y época	Rangos	Profund. (cm)	DA (g/cc)	DR (g/cc)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Poros. (%)	M.O. (%)	pH
1991 Presiembra	m	0-20	0.7	1.1	37	17	37	21.6	2.2	5.9
		20-40	0.7	1.1	40	11	42	26.2	1.2	5.9
	M	0-20	0.8	1.1	46	21	42	34.2	2.9	6.3
		20-40	0.8	1.1	46	17	43	34.5	2.6	6.2
Textura: Franca Color en seco: Pardo amarillento Color en húmedo: Pardo rojizo oscuro										
Poscosecha	m	0-20	0.5	1.1	39	18	39	34.2	1.0	5.8
		20-40	0.5	1.1	38	16	39	37.8	1.0	6.2
	M	0-20	0.6	1.1	46	19	42	39.6	1.7	6.2
		20-40	0.7	1.1	46	19	43	43.2	1.7	6.3
Textura: Franca Color en seco: Pardo amarillento Color en húmedo: Pardo rojizo oscuro										
2004 Presiembra	m	0-20	0.6	1.85	28.8	19.6	19.2	62	1.51	6.16
		20-40	0.66	2.0	26.0	22.0	30.4	64	1.65	6.17
	M	0-20	0.85	2.2	46.4	39.6	35.2	81	2.4	6.34
		20-40	0.85	2.5	37.6	32.0	52.0	74	2.7	6.31
Textura: Franco arcillosa Color en seco: Pardo amarillento Color en húmedo: Pardo grisáceo muy oscuro										
Gallinaza		0-20	0.77	2.38	39.6	15.2	45.2	68	1.2	6.26
		20-40	0.82	2.08	41.6	12.4	46.0	61	1.38	6.18
Textura: Franca Color en seco: Pardo Color en húmedo: Pardo muy oscuro										
Vacaza		0-20	0.76	2.0	41.6	27.2	31.2	62	1.93	6.19
		20-40	0.77	1.72	45.6	16.8	37.6	55	1.93	6.13
Textura: Franca Color en seco: pardo amarillento Color en húmedo: pardo amarillento muy oscuro										

La densidad real, es uno de los parámetros en los cuales se registraron cambios que pueden considerarse importantes, los niveles oscilaron de 1.1 g/cc a 1.85 y hasta 2.5 g/cc, sin embargo, estos últimos son valores coincidentes con los reportados por Cruz (1994) para una superficie adjunta.

Igualmente, se han registrado acumulaciones progresivas de materia orgánica y nitrógeno; condición que presupone mejoras en la estructura edáfica. Vale la pena señalar que, el incremento de la materia orgánica del suelo por la adición de estiércol promueve la formación de agregados estables, que al reagruparse

dejan un mayor volumen de espacios vacíos entre ellos, lo cual contribuye al aumento de la porosidad total (Russell, 1978). Los valores de pH no mostraron cambios significativos, ligeramente ácidos desde el inicio, a pesar de la aplicación del estiércol, principalmente gallinaza.

Finalmente, se debe mencionar que la importancia del cultivo de amaranto en el estado de Morelos (México), se basa a que casi el 100% de la población del municipio de Temoac, ha basado su economía desde tiempos remotos en este cultivo. Si bien es cierto que una parte de su cosecha la emplean para venta de semilla, otra parte importante es utilizada para el sustento de las microempresas que se han instalado en la localidad. Los niveles de organización social habían sido por lo general no aceptados, y ha sido en épocas recientes cuando se ha iniciado la integración de sociedades que les permitan tener un mejor manejo sobre sus rendimientos y la optimización de insumos para la elaboración de dulces tradicionales. Por el otro lado, el empleo de abonos orgánicos le ha permitido adquirir tanto la semilla como los productos derivados de ella, un valor agregado y que se siembre de manera continua el amaranto, situación que no se efectuó antes.

Ahora bien, es importante mencionar que no solamente se ha conseguido mantener las parcelas en condiciones experimentales; dicha actividad ha sido retomada por un grupo importante de productores del estado de Morelos, mismos

que además de todo se han organizado en una asociación de amaranteros que pretende expandir su área de influencia.

BIBLIOGRAFÍA

Alejandre, I. G. y F. Gómez L. 1986. Cultivo del Amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 245 p.

Alvarado, H. A., F. Bertsch. H., E. Bornemisz S., G. Cabalceta A., W. Forsythe H., C. Henriquez H., R. Mata Ch., E. Molina R. y R. Salas C. 2001. Suelos derivados de cenizas volcánicas (andisoles) de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 111 p.

Espitia, R. E. 1986. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de *Amaranthus* spp. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 159 p.

Paredes, L. O., A. P. Barba R., D. Hernández López y A. Carabez T. 1990. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. p. 97.

Sánchez-Marroquín, A. (1980). Potencialidad agroindustrial del amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México. 239 p.