

INTRODUCCIÓN

En México en las últimas décadas la floricultura ha tenido un desarrollo importante principalmente en lo que se refiere a la “flor de corte”, aumentando la superficie cultivada los últimos 10 años en 77 por ciento (FAO, 2001). La floricultura, es una actividad económica que se puede considerar relativamente nueva, ocupa solamente el 0.07 por ciento respecto al total cultivado del ámbito nacional (Alcalde, 1993) y es la actividad en la cual se reporta la rentabilidad económica más alta.

Dentro de las 70 especies de plantas comerciales manejadas como “flores de corte” se encuentra el girasol ornamental, cultivado en los estados de Puebla, México, Morelos y Michoacán y se produce como una flor exótica en condiciones de invernadero y a campo abierto. La principal característica de calidad que se busca en el girasol como “flor de corte”, es un capítulo con diámetro de 5 a 15cm, es decir, pequeño, respecto al que se conoce como oleaginosa, al de consumo directo de la semilla o el forrajero. En Saltillo se buscan plantas con capítulos grandes y alta producción de semillas por capítulo, tallo de un metro y diámetro de éste que oscile entre 0.7 y 1.2 cm (Alba *et al.*, 1990).

Los suelos agrícolas predominantes en el semiárido mexicano, son Calcisoles, los que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.5, menos de uno por ciento de materia orgánica, la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (WRB-FAO/UNESCO, 1994), esto provoca fijación de cationes metálicos, como el hierro (Fe). Este micronutriente, es uno de los de mayor importancia en la nutrición vegetal, ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila y forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis, pero, la falta de éste provoca el problema conocido como clorosis férrica. En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Las sustancias húmicas (SH) son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles (Escobar, 2002, comunicación personal). Por su solubilidad en ácidos y álcalis se dividen en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR)

Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros dominan los grupos funcionales carboxilos (-COOH) y para los segundos, los grupos oxhidrilos fenólicos (OH), porque más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000), sin embargo, contrario a lo anterior encontró López (2002), al analizar compuestos húmicos extraídos de compostas.

En la actualidad, existen diferentes productos para corregir las carencias de fierro, los que se pueden aplicar vía foliar o riego por goteo y son denominados quelatos de fierro; esto es, una molécula orgánica sintética (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.) que rodea y enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior, al evitar su hidrólisis y/o precipitación (Cadahia *et al.*, 1997). Sin embargo, aunque éstos son un camino muy efectivo para corregir la clorosis férrica, se requieren dosis muy altas y su costo de adquisición es elevado, por lo que se requiere la búsqueda de métodos económica y ecológicamente factibles, es decir, alternativas amigables con el medio ambiente.

Los grupos funcionales libres oxigenados, son los principales agentes que pueden adsorber o quelatar a los cationes, en función de la naturaleza de éstos, así, los AH quelatan con mayor facilidad los cationes metálicos, mientras que los AF, los alcalinos y alcalino-térreos (Orlov, 1995), además, la complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las SH con respecto a los seres vivos, porque al quelatar a los elementos, se facilita su disponibilidad (López, 2002), sin embargo, el proceso anterior podría no ser explicado con el incremento en

la disponibilidad de elementos nutrimentales, sino que otros mecanismos podrían ser considerados tales como la oxidación-reducción (Salisbury y Ross, 1994) y el de transporte activo de cationes (Marschner, 1995).

OBJETIVO

Determinar la efectividad de un fulvato de fierro en las variables de calidad del girasol ornamental.

HIPÓTESIS

El uso de un fulvato de fierro aumenta la calidad del girasol ornamental.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Hierro (Fe)

El Fe es, después del oxígeno, sílice y aluminio, el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. La mayoría está en forma de silicatos de ferro-magnesio, la degradación de estos minerales en el suelo es normalmente acompañado por una combinación de hidrólisis y oxidación debido a la reacción con el agua y el aire. La mayoría del Fe liberado por degradación, se precipita como óxido e hidróxido y sólo una pequeña parte está incorporada en minerales silicatados secundarios o complejados por la materia orgánica del suelo (Schwertmann y Taylor, 1977).

La deficiencia de Fe en las plantas, causa clorosis en los tejidos de la hoja, debido a la inadecuada síntesis de la clorofila (Chen y Barak, 1982) y causa una disminución en el tamaño de los cloroplastos con la consecuente reducción de la fotosíntesis (Treshow, 1970), de hecho en una planta saludable el 60 por ciento del hierro de la hoja se concentra en los cloroplastos (Whatley *et al.*, 1951).

Actualmente no se conoce bien la causa por la cual la deficiencia de Fe inhibe la formación de clorofila, pero parece ser que dos o tres enzimas que catalizan ciertas reacciones de la síntesis de clorofila requieren de Fe²⁺ (Salisbury y Ross, 1994). La clorosis férrica de los cultivos y árboles frutales en suelos calcáreos es un viejo problema y fue ya descrito precisamente en los inicios del siglo pasado -1907- por Molz (Honrad, 1994).

Las plantas deficientes en Fe se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada, similar a la causada por la deficiencia de magnesio y se presenta primero en las hojas más jóvenes. Seguida por clorosis de la venas, por lo que la hoja entera adquiere color amarillo. En casos severos, las hojas jóvenes incluso se ponen blancas, con lesiones necróticas (Salisbury y Ross, 1994).

La presencia en las raíces de las plantas dicotiledóneas es un paso obligatorio en la reducción del Fe^{3+} a Fe^{2+} previa absorción, fue primero demostrada por Brown y co-investigadores, al mencionar que un incremento en la capacidad para reducir el Fe ha sido considerada como una parte integral de la denominada estrategia I (Award *et al.*, 1994), la cual envuelve un número de mecanismos resultantes en un perfeccionamiento en la adquisición del Fe y es encontrada en dicotiledóneas deficientes de Fe y en monocotiledóneas no *Poaceae*. Esta estrategia envuelve, además de incremento en la capacidad para reducir Fe, cambios morfológicos como el desarrollo de vellos de raíces, transferencia de células y el incremento en la velocidad de excreción de diversas clases de químicos tales como protones, compuestos fenólicos y riboflavina (Marschner y Romheld, 1994).

El Fe en el suelo se origina de los minerales primarios como biomita, olivio, goethita, limonita, magnetita y hematina y en minerales secundarios tales como: sulfuros, sulfatos y carbonatos de fierro. Los suelos de la región Norte de México, cubren aproximadamente un tercio de la superficie y se presentan predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual. Se caracterizan por presentar un pH alto (de 7 a 9) y un contenido significativo de carbonatos libres (Brown y Jolley, 1989). Para Castellanos *et al.*, (2000), el Fe es el cuarto elemento en la composición de la corteza terrestre y representa el cinco por ciento de ésta. La reserva total en el suelo es del orden de 0.7 a 55 por ciento, sin embargo, el Fe intercambiable va de sólo 1 a 1000 mg kg^{-1} y el soluble de < 0.1 a 25 mg kg^{-1} .

Para estos mismos investigadores, el Fe es un elemento necesario en la síntesis de clorofila y forma parte esencial del citocromo, el cual actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración; sirve como un catalizador en la división celular y en los procesos de crecimiento; forma parte esencial de la ferredoxina, de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa, esta última durante la fijación biológica de nitrógeno y es además un activador de muchas otras enzimas. Su movilidad en la planta es muy baja y su contenido total varía de 20 a 3000 mg kg^{-1} aunque el intervalo adecuado varía de 50 a 300 mg kg^{-1} . En condiciones de alta demanda, su valor crítico en la planta es de 160 mg kg^{-1} y en condiciones de demanda baja es de 30 mg kg^{-1} . El Fe es tomado por la raíz en forma activa como Fe

Fe^{2+} y Fe^{3+} o como quelato y como tal se transporta vía xilema y su respuesta a la aplicación del mismo.

El Fe en la planta es importante para la formación de clorofila y proteína, en la fotosíntesis, la respiración y fijación de nitrógeno, entre otros. Los metales como el Fe, Cu y Mn, se pueden encontrar en combinación con enzimas proteicas y pueden servir como trasmisores de electrones en una cadena de procesos metabólicos gracias a la cual se oxidan los substratos orgánicos (Andrade, 1988). Además menciona que el contenido de Fe soluble en el suelo, representa una pequeña parte del total y que las formas solubles inorgánicas en solución son: Fe^{+3} , Fe^{+2} y en menor escala $Fe(OH)_3$. Por su parte (Jones *et al.*, (1991), comentan que el Fe existe en el suelo como catión férrico (Fe^{+3}) y ferroso (Fe^{+2}), esta última es la forma activa que toman las plantas y su disponibilidad es afectada por el grado de aireación del suelo. Además, argumentan que las plantas con suficiente Fe, acidifican la rizósfera cuando se descargan sustancias compuestas de este elemento y mejoran su disponibilidad y extracción.

Las raíces lo toman como Fe^{+2} o en la forma de quelato. La absorción de Fe inorgánico está ligada a la capacidad de las raíces para reducir el pH y reducir el Fe^{+2} en Fe^{+3} en la rizósfera. Dentro de los procesos fisiológicos, participa en la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis, así como en el metabolismo de las proteínas (Andrade, 1988). Como un transportador de electrones, está involucrado en las reacciones de óxido-reducción y es también un componente de las hemo-proteínas como los citocromos, que son constituyentes de los sistemas de óxido-reducción en los cloroplastos, en las mitocondrias y también es un componente de la cadena de óxido-reducción en la nitrato-reductasa. Otras hemo-enzimas son la catalasa y las peroxidasas (Andrade, 1988).

En condiciones de deficiencia de Fe, la actividad de ambas enzimas disminuye. La catalasa juega un papel en la fotorrespiración y en el ciclo de calvin. Las peroxidasas son necesarias en la biosíntesis de lignina y suberina (Marshner, 1995). Jones *et al.* (1991), reportaron que el Fe es un componente de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, en la asimilación de nitrógeno, en la producción de energía (NADP) y funciona como catalizador de un sistema

enzimático asociado con la formación de clorofila. En general, la cantidad de fierro requerida por un cultivo por temporada de crecimiento es de 5 – 10 kg ha⁻¹ (Olsen *et al.*, 1981).

En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas mas verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillo (Mengel, 2001). Cuando la deficiencia es ligera, se presenta un color pálido en las hojas terminales, luego se presenta una clorosis intervenal y cuando la clorosis es grave, las nervaduras principales y la hoja puede carecer totalmente de la clorofila. La clorosis de Fe afecta generalmente muy poco a las plantas de cultivo extensivo. Los cultivos bastante sensibles son soya, coliflor, col, remolacha azucarera, espinaca, tomate, sorgo, arroz y en menor grado trigo y maíz (Loue, 1988). La deficiencia de fierro con frecuencia es relacionada a suelos con altos pH, carbonatos de calcio libres, altos contenidos de fósforo y pobre aireación (Bennett, 1993). La interacción entre el Fe y el fósforo (P) es la más importante, ya que éste disminuye la movilidad de aquel.

Mengel (2001), establece que la relación de P/Fe es frecuentemente alta en las hojas cloróticas en comparación con el tejido verde, por lo tanto, la concentración de Fe total considerada sola, es de muy poco uso en los estudios de clorosis, ya que los niveles de Fe pueden ser incluso más altos en los tejidos cloróticos. Para Marschner (1995), en muchas ocasiones el contenido de Fe en las hojas cloróticas, es similar o incluso superior al de las hojas verdes, lo que se puede presentar por la inactivación de este elemento en la planta, por un alto suministro de P o de distintas formas de nitrógeno en suelos calizos o por limitaciones que se producen en el crecimiento vegetal.

La forma de corregir la carencia de Fe, es con aplicaciones al suelo o vía foliar de quelatos de Fe (EDTA, DTPA, HEDTA o EDDHA), sales de Fe (Zuang, 1982) y ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico o bien hidróxido de potasio, en el agua de riego para suelos ácidos (Zuang, 1982). Actualmente existen diferentes productos para corregir las carencias de este elemento, que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo; a estos productos se les conoce como quelatos de Fe (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.). Su acción consiste en que una molécula orgánica sintética rodea y se

enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el interior, evitando su hidrólisis y precipitación (Cadahia, 1998).

Las Substancias Húmicas (SH)

Las SH son de color oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, electrolíticas con un amplio rango de peso molecular, el cual va desde algunos cientos a algunos miles (Schnitzer, 1978), constituyen del 70 al 80 por ciento de la materia orgánica en la mayoría de los suelos (Schnitzer, 1989), son sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias (Aiken *et al.*, 1985); resultan de la degradación de restos de animales y plantas que se consideran también humus (Cepeda, 1991) y se encuentran presentes en todos los suelos, sedimentos y aguas.

Narro (1996) sostiene que desde hace miles de años se conocen las bondades del uso de la materia orgánica en los suelos agrícolas, en apoyo a la producción de cultivos, pero fue hasta el siglo XVII cuando se reconoció la importancia de las sustancias húmicas, las que describe como compuestos orgánicos de color marrón y amarillo que se extraen de diferentes materiales.

El origen de las SH es un factor determinante en los atributos moleculares como acidez y tamaño (Senesi *et al.*, 1989). Las de origen acuático son más pequeñas que las del suelo y las de leonardita presentan una estructura más condensada. En base a su solubilidad, en álcalis o ácidos, se dividen en tres fracciones mayores que son : (i) los ácidos húmicos (AH), esta fracción es de color oscuro, puede ser extraída del suelo por una solución alcalina diluida como el NaOH 0.5 N, pero se precipita por acidificación con HCl a pH 2; (ii) los ácidos fúlvicos (AF), son la fracción que queda en la solución acuosa acidificada, es soluble en ácidos o bases y (iii) huminas, las cuales no pueden extraerse por dilución de ácidos o bases (Stevenson 1994). La insolubilidad de la tercera fracción se debe a la firmeza de la combinación con suelos orgánicos y constituyentes del agua.

Adani *et al.*, (1998), estudiaron como influía la aplicación de AH comerciales en el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate; entre sus resultados encontraron que cuando se aplicaron AH de turba o leonardita al suelo, se incrementó el contenido de Fe radicular y se mejoró también la nutrición respecto a otros elementos como el N, Ca o P. Los autores llegaron a la conclusión de que el incremento de Fe, podría deberse a la reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} por la presencia de los AH. Una hipótesis alternativa fue que los AH, complejaban al Fe del Fe-EDTA desplazando al ligando EDTA, sin embargo, esto no puede ocurrir, ya que el complejo Fe-EDTA tiene una constante de estabilidad ($K_s = 10^{27}$) mucho mayor que el complejo Fe (III)-AH ($K_s = 10^5-10^6$) (Uren, 1984).

Los Ácidos Fúlvicos (AF)

Stevenson (1994), los define como la fracción soluble a cualquier valor de pH, tienen menor peso molecular, mayores contenidos de oxígeno y menores de C y N y menor grado de polimerización que los AH (Calace *et al.*, 2000). También son la fracción más ácida y con mayor capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) (Stevenson, 1994) debido a que éstos presentan un mayor contenido en grupos carboxílicos e hidroxílicos (Steelink, 1985).

Los primeros conocimientos sobre los ácidos crónicos y aprocrénico o AF, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crónico tiene color amarillo claro y cuando se oxida en el aire forma una coloración parda oscura transformándose, de esta manera, en una sustancia poco soluble parecida al AH, clasificado como ácido aprocrénico. Los estudios realizados por los suecos Berzelius y Mulder y por el ruso Duerman, comprobaron que estos ácidos contienen menos carbono (44-49 %) y más oxígeno que los AH. Estos ácidos destruyen rápidamente la fase mineral del suelo y en particular, los minerales de silicato. También se ha comprobado que las sales crónicas y aprocrénicas de calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc., son fácilmente solubles y velozmente lavadas del suelo por lixiviación.

Los AF tienen una alta capacidad de intercambio catiónico; por su composición química, son similares a los AH y contienen grupos carboxilos, metoxílicos e hidroxilos fenólicos, que determinan las reacciones de intercambio iónico. Al igual que los AH, los AF contienen nitrógeno y al ser hidrolizados con el ácido clorhídrico 6.0 N (6.0 normal), casi de un 20 a un 30 por ciento del nitrógeno total pasa a la solución en forma de aminoácidos. Además, contienen aminoazúcares y posiblemente, sustancias reductoras en mayor cantidad que los AH (Cepeda, 1991).

Ácidos Fúlvicos (AF): es la porción soluble en agua bajo todas las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los ácidos húmicos (AH) por acidificación. Los AF son de color amarillo claro o café-amarillo, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 KDa), 45 % de carbón y 48 % de oxígeno (12 % más que los AH).

Los ácidos fúlvicos tienen bajo peso molecular, alto contenido de oxígeno, pero bajo contenido de carbón; contienen más grupos funcionales de naturaleza ácida particularmente carboxilos (COOH). La acidez total es de 900 a 1400 meq/100g y considerablemente más altos que los ácidos húmicos (400 a 870 meq/100g) (Stevenson 1982)

El Fe se hace asimilable por las plantas en condiciones adversas, debido a que la absorción del nutrimento por las plantas, depende considerablemente de la presencia de agentes complejadores y reductores (Mench *et al.*, 1988). El atributo principal que es asignado a las SH y principalmente a la fracción fúlvica, es que pueden formar complejos con los metales catiónicos tales como el Fe y movilizarlos de las partículas sólidas en el suelo a la superficie de la raíz (Schnitzer y Khan, 1972).

Existen diferencias entre las estructuras que presentan los AH y AF. En general, la fracción fúlvica tiene un menor porcentaje en aromaticidad (25 % frente al 35-40 % de los AH) y una mayor carga negativa y polaridad (Varanini y Pinton, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El trabajo se efectuó en el municipio de Arteaga, Coahuila el cual se encuentra entre los 100° 00' y 100° 55' de longitud oeste, a los 25° 00' de latitud norte y a la altitud de 1610 msnm. El clima que presenta es semiseco-semicálido con escasez de lluvia en todo el año, con precipitación invernal mayor al 18 por ciento con respecto al total anual, verano cálido, la temperatura media anual varía entre 12° y 18° C, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto, con temperaturas máximas de 37 °C. Durante enero y diciembre se registran las temperaturas más bajas, ya que son de -10 °C. Las heladas se presentan en noviembre, no son muy severas; son más intensas y frecuentes en enero y terminan en marzo.

La precipitación media anual es de 400 a 500 mm. Los meses más lluviosos son: mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero. El mes con lluvias más abundantes es julio y el más seco marzo. Las lluvias en invierno son moderadas, en el ambiente se registra un 64 por ciento de humedad relativa anual variable en distribución; el verano es la estación de mayor humedad relativa e invierno y primavera de mayor sequía. Los vientos predominantes son del suroeste durante casi todo el año a excepción del invierno, donde predominan del noreste y se presentan con mayor intensidad en los meses de febrero y marzo.

Metodología

En “camas” de siembra de 12 metros de largo por un metro de ancho, con grava, se les agregaron 60 kg de composta comercial elaborada a base de estiércol bovino (Organodel –Empresa Agrodelta), con la dosis de fertilización 100-80-40, donde se aplicó la mitad del N, todo el P y la mitad del K a la siembra; el resto del N y K se adicionó al inicio de la formación del capítulo. Se sembró de manera directa el girasol híbrido “Sunbrigh” a una densidad de 30 semillas por m². Posteriormente la “cama” se dividió en cuatro áreas de 2.30 m², lo cual fue cada tratamiento y se aplicaron éstos vía foliar. Los tratamientos fueron dos, cuatro y seis ml.litro⁻¹ de agua de ácidos fúlvicos (AF), extraídos de una composta comercial (MIYAORGANIC[®]) (López *et al.*, 2006), facilitada por la Empresa MIYAMONTE Méx. S. A. de C. V., se les mezclaron cuatro gramos de sulfato ferroso (FeSO₄) y como testigo el Sequestrene 138 a razón de 1.0 g.litro⁻¹ de agua (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos agregados vía foliar al girasol ornamental “Sunbrighth”.

Tratamiento	Mezcla
AF2 + Fe	Ácidos fúlvicos 2 ml.litro ⁻¹ de agua
AF4 + Fe	Ácidos fúlvicos 4 ml.litro ⁻¹ de agua
AF6 + Fe	Ácidos fúlvicos 6 ml.litro ⁻¹ de agua
S	Sequestrene 1.0 g.litro ⁻¹ de agua

El análisis estadístico realizado consistió en el análisis de varianza (ANVA), con la prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) al 95 por ciento de confianza, para lo cual se empleó el paquete estadístico para computador MINITAB, versión 14 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta superior, fue al agregar el fulvato de hierro a la cantidad de 6 ml.litro⁻¹ de agua (FFe6), porque aventajó a la adición del Sequestrene 138(T) en 18.57 por ciento. Aquí se puede apreciar que conforme aumentó la cantidad del fulvato de hierro, la altura también aumentó (Figura 1), además, no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 2).

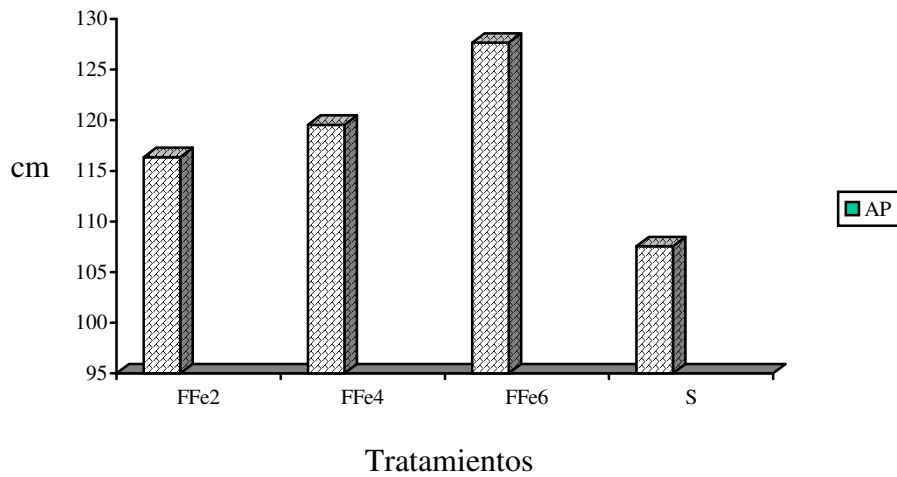


Figura 1. Altura de girasol ornamental al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 2. Análisis de varianza de la altura de girasol ornamental al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	862.2	287.4	1.20	0.366NS
Error	9	2164.2	240.5		
Total	15	3564.9			

El diámetro de tallo (DT) mayor, fue al adicionar el fulvato de hierro a razón de 6 ml.litro⁻¹ de agua, ya que aventajó al testigo en 10.65 por ciento y aunque no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 3), conforme aumentó la cantidad del fulvato de hierro, avanzó el DT (Figura 2). El diámetro de capítulo (DC) superior, fue al adicionar el Sequestrene a la cantidad de 1g.litro⁻¹ de agua (T), ya que sobrepasó al fulvato de hierro en las tres dosis (Cuadro 4 y Figura 2).

Cuadro 3. Análisis de varianza de diámetro de tallo de girasol ornamental al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	0.20410	0.06803	0.69	0.582NS
Error	9	0.89070	0.09897		
Total	15	1.25510			

Cuadro 4. Análisis de varianza de diámetro de capítulo de girasol ornamental al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	4.3765	1.4588	4.68	0.031**
Error	9	2.8036	0.3115		
Total	15	7.8042			

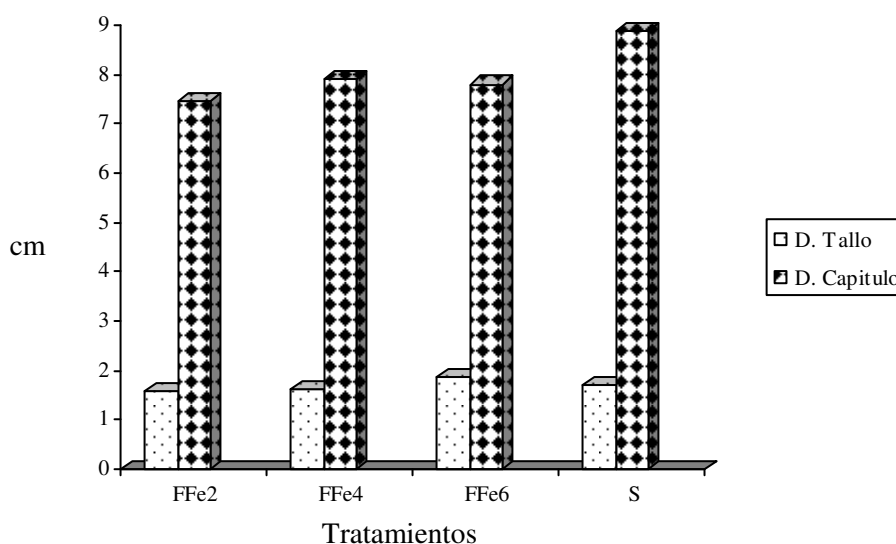


Figura 2. Diámetro de tallo y capítulo de girasol ornamental al adicionar un fulvato de hierro.

Cuando se aplicó el fulvato de hierro a la cantidad de 4 ml.litro⁻¹ de agua (FFe4), la cantidad de potasio (K) en el tejido vegetal de follaje, superó en 11.26 por ciento, que cuando se agregó el Sequestrene 138 (T) (Figura 3), aquí no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 5).

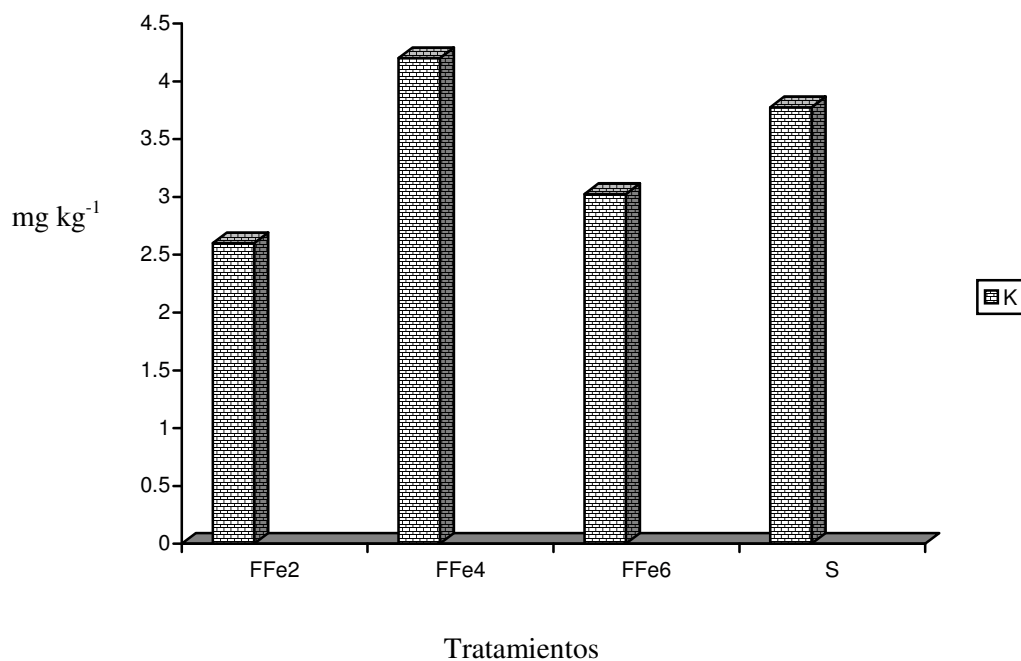


Figura 3. Contenido de potasio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de potasio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	6.245	2.082	2.139	0.148
Error	9	11.675	0.973		
Total	15	17.919			

En el Calcio (Ca), no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 6). Sin embargo, de forma gráfica, al adicionar el fulvato de hierro a la cantidad de 4 ml.litro⁻¹ de agua (FFe4), con este tratamiento se adelantó al testigo en 4.65 por ciento (Figura 4).

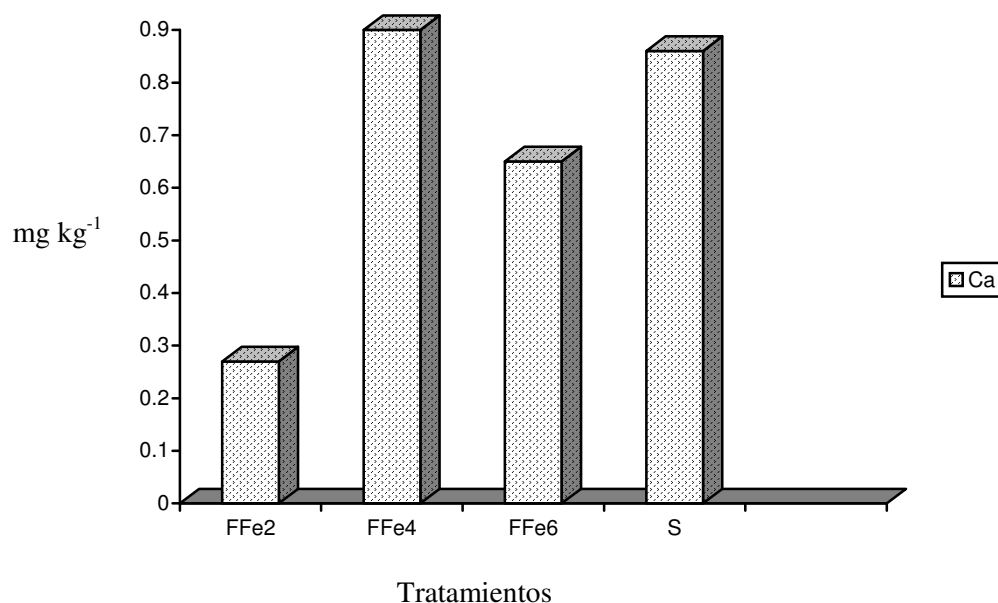


Figura 4. Contenido de calcio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de calcio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	0.9855	0.3285	0.44	0.731NS
Error	9	6.7439	0.7493		
Total	15	9.9198			

Cuando se agregó el fulvato de hierro, a razón de 2 ml.litro⁻¹ de agua, la cantidad de magnesio (Mg), superó en 23.08 por ciento, al tratamiento donde se adicionó el Sequestrene (Figura 5); aquí no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro7).

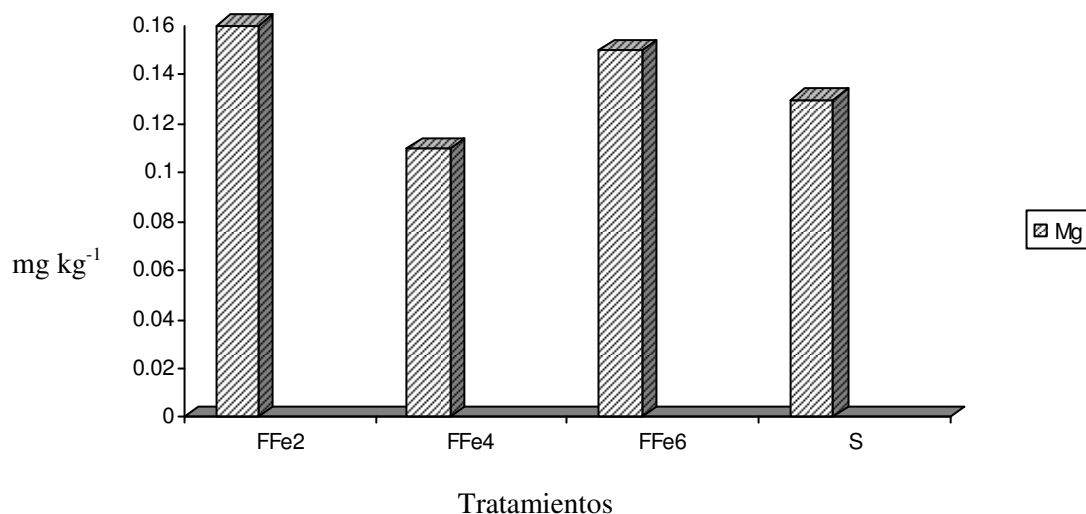


Figura 5. Contenido de magnesio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 7. Análisis de varianza del contenido de magnesio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	0.008511	0.002837	0.44	0.728NS
Error	9	0.057680	0.006409		
Total	15	0.086117			

En el sodio (Na), no se encontró efecto significativo efecto de los tratamientos (Cuadro 8). Sin embargo, en la gráfica se puede observar que al adicionar el fulvato de hierro a la cantidad de 4 ml.litro⁻¹ de agua (FFe4), este superó al testigo en 7.69 por ciento (Figura 6).

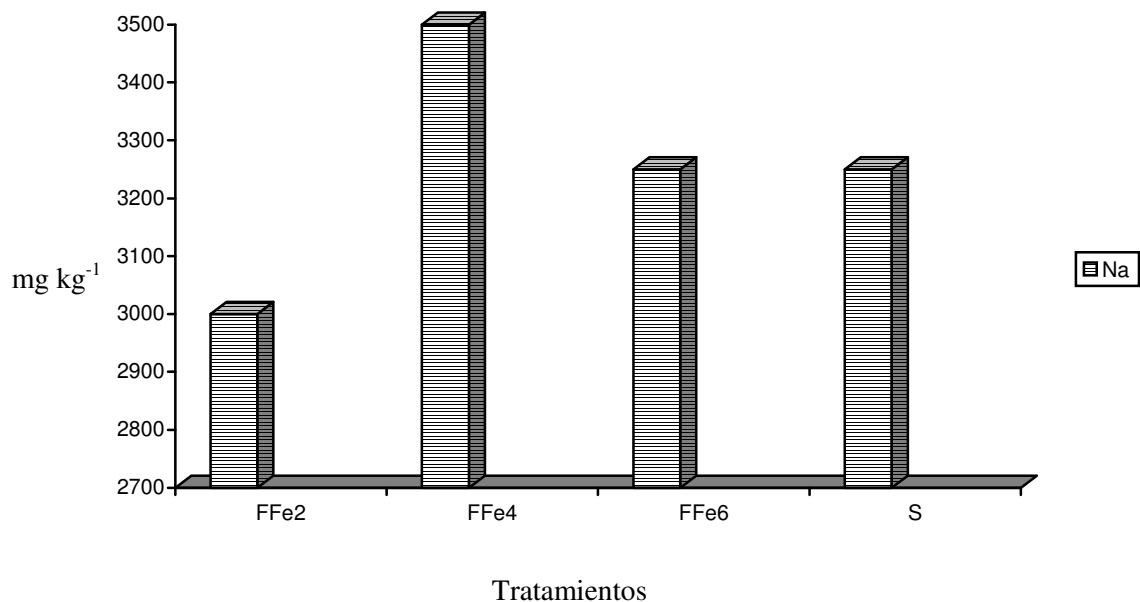


Figura 5. Contenido de sodio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 8. Análisis de varianza del contenido de sodio de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	500000	166667	2.00	0.185NS
Error	9	750000	83333		
Total	15	1500000			

Cuando se agregó el fulvato de hierro a la cantidad de 6 ml.litro⁻¹ de agua (FFe6), el contenido de hierro (Fe), superó a la adición de Sequestrene 138(T) en 2.22 por ciento (Figura 7), aunque no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 9).

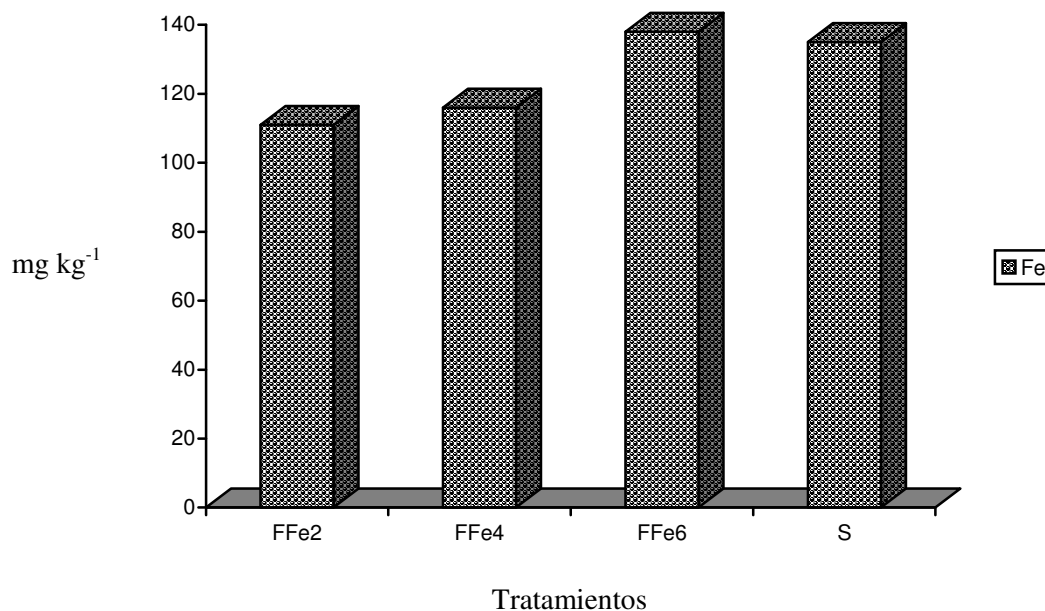


Figura 7. Contenido de hierro de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de hierro de tejido vegetal de follaje de girasol ornamental, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	3	2419.5	806.5	1.94	0.193NS
Error	9	3733.0	414.8		
Total	15	6606.0			

A forma de discusión se puede establecer que el contenido de potasio cuando se agregó 2ml y 6 ml.litro⁻¹, fue mas de critico pero no llego al adecuado; para el caso del 4 ml.litro⁻¹ y sequestrene fue adecuado (Reuter y Robinson, 1986). El calcio es bajo para todos los tratamientos (Reuter y Robinson, 1986), el magnesio bajo para todos los tratamientos (Reuter y Robinson, 1986), el sodio es adecuado en todos los tratamientos (Reuter y Robinson, 1986) y el fierro adecuado en todos los tratamientos (Blamey, 1997). En el tratamiento de la mayor dosis de este último elemento nutrimental, el ácido fúlvico extraído de la composta MIYAORGANIC[®], el cual está muy oxidado (alta cantidad de grupos funcionales carboxilo -COOH), complejó al fierro del sulfato y lo colocó disponible para el girasol, haciendo la función de un quelato de fierro, por lo cual la altura de planta, el diámetro de tallo y capitulo del girasol ornamental permanecieron en los estándares solicitados por el florista. Lo anterior concuerda con lo establecido por Sánchez *et al.*, (2006), al determinar que los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, mejoran el funcionamiento del fierro y de los quelatos sintéticos de fierro cuando se combinan con las substancias orgánicas, en árboles de limón, naranjo y uva de mesa.

CONCLUSIÓN

El fulvato de fierro tiene efecto positivo en las variables de calidad del girasol ornamental cv. "Sunbrigth".

RESUMEN

Los suelos agrícolas del sureste de Coahuila son calzisoles, los que fijan elementos metálicos como el hierro (Fe) lo que produce clorosis ferrica y se dedican al la producción de papa y manzano, por lo que con el objetivo de determinar la efectividad de un fulvato de hierro (FFe) en las variables de calidad del girasol ornamental, se sembraron 30 semillas m² del híbrido “Sunbrigh” en camas de 12 metros de largo por un metro de ancho con grava. Se aplico 2, 4 6 ml.litro⁻¹ de agua de un FFe y como testigo sequestrene 138. Se midió la altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y capitulo (DC). También al tejido vegetal del follaje K, Ca, Mg, Na y Fe. La AP superior fue al agregar FFe a 6 ml.litro⁻¹; DT mayor fue al agregarse el mismo tratamiento; mientras que con el sequestrene se presento el mas alto valor de DC. Cuando se agregaron 4 ml.litro⁻¹ de FFe la cantidad de K y Na sobrepasó al testigo; con este mismo tratamiento en el Ca, pero en el Mg a la adición del FFe 2 ml.litro⁻¹ se adelanto al testigo y la cantidad de Fe superior del testigo vegetal del follaje se obtuvo al aplicar el FFe a razón de 6 ml.litro⁻¹. Se concluye que el fulvato de hierro tiene efecto positivo en las variables de calidad de girasol ornamental cultivar “Sunbrigh”

LITERATURA CITADA

Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, G. 1998. The effect of comercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutrition* 21 (3): 561-575.

Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R.L., MacCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. Ed. Wiley-interscience, New York. Pp. 1-9.

Alba, A. Llanos, M. El cultivo del girasol, Ediciones Mundiprensa 1990.

Alcalde B.S. 1993, Programa académico interdisciplinario en floricultura, colegio de postgraduados.

Andrade, L. 1988. Los microelementos en la agricultura. Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-prensa. Madrid.

Award, F., V. Romheld and H. Merschner. 1994. Effect of roots exudates on mobilization in the rizosfera and uptake of uiron by wheat plants. *Plant and soil*. 165: 213-218.

Bennet, W. F. 1993. Nutrient Deficiencias y toxicities in occrop plants.ed. the American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. P (138-139).

Blamey, FPC. Zollinger RK, Schneiter AA. Sunflower Production andculture. In: Schneiter AA. Editor. Sunflower technology and Production. Madison, USA: ASA, 1997. P. 595-670.

Brown, J.C. and V.D Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. *BioSci*. 39:546-551.

Cadahia L, C., E. Eymer A. y J.J. Lucena M. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirriego. In. Fertirrigacion, Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Cadahia L, C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. Pp. 99-111.

Cadahia L.C. 1998. Fertirrigacion. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. Pp. 117.

Castellanos, J. Z., Uvalle, B., J. X., Aguilar S., A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. México. D.F.

Cepeda D.J.M. 1991. Química de suelos. Segunda Edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. México, D.F.

Chen, Y. and P. Barak 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Advances in agronomy*. 41: 217-240.

FAO. 2001. Los mercados mundiales de flores, frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia.

Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing. U. S. A.

López, C. R. 2002. Comportamiento de Substancias Húmicas de Diversos Origen en la Física de un Suelo Limo.Arcilloso y en la Fisiología del Tomates. Tesis Doctoral en Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Loue, A. 1988. Los Microelementos en la agricultura. 1^a. Edición. Ed. Mundi-Prensa.

Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2th edition. Academic Press Inc. London.

Marschner, H., and V. Romheld. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. *Plant Soil* 164: 261-274.

Mench, M., J.I. Morel, A. Guckert and B. Guillet. 1988. Metal binding with root exudates of low molecular Weight. *J. Soil Sci.* 39:51-527.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. *Principles of plant Nutrition*. 5th ed. Kluwer Dordrecht, Netherlands. Pp 425-437.

Narro F.E. 1996 Sustancias húmicas en la agricultura (resumen) VII Semana de Investigación Científica Universal Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S. México.

Olsen, R.A., R.B. Clark and J.H. Bennett. 1981. The enhancement of soil fertility by plant root. *Am. Sci.* 69:378-384.

Orlov, D.S. 1995. *Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification*. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.

Salisbury, F.B. y C. W. Ross. 1994. *Fisiología de hortalizas*. Grupo editorial Iberoamericana S.A. de C.V. cuarta edición. México. Pp. 758.

Schnitzer, M. and S. U. Khan. 1972. *Humic substances in the environment*. Marcel-Decker, Inc., New York., N.Y.

Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed). *Advances in agronomy*, Academic Press. 98: 3-58.

Schwermann, U. and, R.M. Taylor. 1997. In "minerals in soils environments" (J.B.Dixon, S.B. Weed, J.a., Kittrick, M.H. Milford, and J.I. White, eds.), Pp. 145-180. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wisconsin.

Senesi, N., Miano, T. M., Provenzano, M.R., Brunetti, G. 1989. Spectroscopic and compositional comparative characterization of I.H.S.S. referent and Standard fulvic and humic acids of various origin. *Sci. Total Environ.* 81/82: 143-156.

Stevenson, F. J. 1982. Transmission Electron Microscopy of Extracted Fulvic and Humic Acids. *Soils Sci.* 133: 179-185.

Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, composition and reactions.* J. Wiley and Sons, New York, NY.

Treshow M. 1970. *Environmental and plant response.* McGraw-Hill book company. Pp. 422.

Varanini, Z., and R. Pinton. 1995. Humic substances and plant nutrition. In *Progress in botany*, Vol. 56. Ed. Lüttge V. Pp. 97-117. Springer-Verlag, Berlin, Herdelbery.

Zuang, H. 1982. *La fertilization des cultures legumieres.* Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes. Francia.