

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Efectividad Biológica de un Fulvato de Fierro en la
Calidad y Producción de Tomate Cherry (Lycopersicon
esculentum Mill.) Var. Red Cherry

POR:

DANIEL DE JESÚS GONZÁLEZ GORDILLO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Octubre del 2007.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA

Efectividad Biológica de un Fulvato de Hierro en la Calidad y Producción de Tomate
Cherry (Lycopersicon esculentum Mill.) Var. Red Cherry

Presentado por:

DANIEL DE JESÚS GONZÁLEZ GORDILLO

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener
el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Aprobado por:

Dr. José Ángel Villareal Quintanilla
Asesor Principal

Dr. Rubén López Cervantes
Asesor

MC. María del Rosario Zúñiga Estrada
Asesor

Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez
Suplente

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Octubre del 2007.

DEDICATORIA

A mis padres con cariño y amor por ser el ejemplo a seguir, mi ilusión y la razón de la vida.

*Victor Abilio González López
Pascuala Gordillo Utrilla*

Por el amor que me han demostrado a lo largo de mi vida, su tolerancia, consejos, apoyo incondicional. Por compartir momentos felices y superar los obstáculos, a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado sin importarles el tiempo y los momentos agraviados, se es difícil tratar de mencionar lo agradecido que estoy con ustedes, sin embargo, a ustedes dedico este trabajo, ya que sin su apoyo fuese difícil haber concluido.

"Mil gracias por todo"

A mis hermanos:

Ana Patricia, Víctor Raquel, José Luis (†)

A ustedes por protegerme, ser los mejores hermanos y amigos, por todo lo bello que compartimos, el apoyo moral sin malias y desventajas, por estar presente cuando los necesitaba no me queda más que agradecerles todo lo bueno que hicieron.

Con cariño y respeto a mis abuelitas
Cristina Utrilla Pérez Ballina López López

Por que siempre confiaron en mí, por su sabiduría e inocencia en salir adelante, por a verme dado la vida al momento de dárselas a mis padres.

A todos mis tíos, primos, cuñadas, sobrinos por que siempre me dieron esa chispa de alegría, y la confianza de compartir momentos de mi vida con ustedes.

A Fátima Ramírez Ramírez con amor y cariño, por ser una hermosa mujer, por las experiencias vividas durante mi estancia en Saltillo, por enseñarme a valorar tantas cosas buenas de la vida, por estar a mi lado en los momentos difíciles sin esperar nada a cambio, por ese corazón tan noble y sincero, por hacer tuyos mis sueños y ayudarme a subir cada peldaño desde tu plano discreto de mujer. Gracias Vivi....

A mis buenos compañeros: Olga (chapis), Jorge (cacheton), Mayin (mayinbu), Dagoberto (torcido), Dorian (dos), Llim (pachon), Ariosto (toto), Jorge (rojo), Ricardo (hormiga), Jorge (cansino), Olet, Natividad (chinche) . Por ser siempre Unidos en cualquier situación, por todas las experiencias tristes y alegres que nos toca vivir. Por salir adelante a pesar de todo. Los llevare por siempre en mi mente y mis buenos recuerdos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, "Mi Alma Terra Mater" por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente en sus aulas, y haber esculpido parte de mi vida en lo profundo de mi corazón.

Al Dr. Rubén López Cervantes, por todo el apoyo, amistad y confianza brindada durante la realización de este trabajo, por darme la oportunidad de participar en uno de sus proyectos y realizar esta investigación.

Al Dr. José Ángel Villareal Quintanilla. Por todo su apoyo incondicional, durante mi estancia durante la Universidad y en la realización de este trabajo, por la confianza y amistad brindada, con respeto y admiración para usted.

A la Mc. María del Rosario Zúñiga Estrada por brindarme su apoyo, y por confiar en mí en todo momento, por ser una persona amable y por todo el apoyo desinteresado que siempre me brinda.

Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez por toda su bondad y amistad incondicional durante mi estancia en la universidad, por sus consejos, confianza y por apoyarme siempre que lo necesite con respeto.

A la Familia Meza Melo por ser amables y bondadosos, por esos momentos buenos que vivimos durante mi estancia en Saltillo, por ser sencillos y amables con los prójimos, para ellos con cariño y respeto.

De todas las ocupaciones de las que deriva beneficio no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre como la "Agricultura".

Cicerón

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades del tomate cherry.....	4
Función del hierro en la planta.....	5
El hierro en suelos calcáreos.....	6
Absorción de hierro por las plantas.....	7
Quelatos de hierro	7
Reacción de las sustancias húmicas (SH) con el hierro en el suelo.....	9
Efecto de los ácidos fúlvicos en el crecimiento vegetal.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Localización del sitio experimental.....	13
Metodología.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
Altura de la planta.....	15
Diámetro polar.....	17
Diámetro ecuatorial.....	18
Diámetro de tallo.....	19
Número de racimo floral.....	20
Número de fruto.....	21
Firmeza.....	22
Sólidos solubles totales.....	23

Clorofila beta.....	24
Rendimiento.....	25
CONCLUSIÓN.....	26
LITERATURA CITADA.....	27
APÉNDICE.....	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tratamientos probados en el experimento.....	14
2	Concentrado de análisis de varianza (ANVA) de las variables medidas al cultivo de tomate cherry, con la adición de un fúlvato de hierro.....	16

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura química del ácido fúlvico.....	11
2	Altura de plántula (cm.) de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	15
3	Diámetro polar de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	17
4	Diámetro ecuatorial de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	18
5	Diámetro del tallo de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	19
6	Números de racimo floral de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	20
7	Números fruto de tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	21
8	Firmeza en el tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	22
9	Sólidos solubles (°Brix) en el tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	23
10	Clorofila Beta en el tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	24
11	Rendimiento en el cultivo tomate cherry con la adición de un fúlvato de fierro.....	25

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar la efectividad biológica de fulvato de hierro de composta de gallinaza, en la calidad y producción de Tomate Cherry Var. "Red Cherry". Se usaron macetas con peat moss como sustrato, se le agregaron 1, 2 y 3 ml. litro^{-1} de agua de fulvato de hierro (FFe) experimental y se comparo con el comercial, K-tionic. La aplicación se realizo al momento del trasplante y después cada 10 días hasta la floración. Las variables evaluadas a la planta fueron: racimo floral (RF), número de fruto (NF), altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y clorofila beta (CB), en el fruto fueron: rendimiento (R), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST) y firmeza (F). Se encontró que en R, AP y RF, con la adición del FFe experimental a la cantidad de 3 ml. litro^{-1} de agua, se supero al testigo en 204%, 28.7% y 67%, mientras que en el DT y NF a la cantidad de 1 ml. litro^{-1} de agua, se supero al testigo en 9.3% y 124.3%, respectivamente. Se concluye que la aplicación de FFe experimental realizo incremento en el número de frutos, diámetro de tallo, número de racimo floral y altura de planta.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es de suma importancia en México, debido a la superficie sembrada, a la gran cantidad de subproductos que se obtiene de él, como generador de divisas y por que su manejo produce una gran cantidad de jornales por hectárea (Valadéz, 1998). En México, tres tipos de tomate, se producen: bola, saladette y cherry, en los que se encuentra una gran diversidad de cultivares e híbridos con diferentes características, sobresaliendo algunos por su hábito de crecimiento, resistencia a enfermedades, firmeza y vida de anaquel. A pesar de cultivarse en 27 estados de la Republica Mexicana solo cinco concentran mas del 60 por ciento en su superficie sembrada, cosechada y producida, destacándose Sinaloa como el principal productor, tanto para abastecer el mercado Nacional como Internacional (Neri, 1999).

Los suelos principales de las regiones donde se cultiva el tomate en México, son Calcisoles, los que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.7, menos de uno por ciento de materia orgánica (MO), la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (FAO/UNESCO, 1994), esto provoca fijación de cationes metálicos, como el fierro (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 finoreticulado, las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Las deficiencias de fierro, se corrigen por tradición con la adición vía foliar de quelatos, esto son una molécula orgánica sintética (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.) que rodea y enlaza por varios puntos un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde lo exterior, al evitar su hidrólisis y su precipitación (Cadahia *et al.*, 1997), sin embargo, aunque estos son muy efectivos, 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.

En México, en los últimos 10 años, con el auge de la agricultura sostenible se emplean compuestos orgánicos sólidos sin descomponer (estiércol de bovino, gallinaza y otros) y descompuestos (compost) como fuente de elementos nutrimentales, sin embargo, el aporte de elementos nutrimentales de éstos es bajo, en función del origen.

El humus, está constituido por sustancias húmicas (SH), las que se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis y 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).

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 y su acción fue efectiva en la nutrición de tomate cuando los mezcló con una solución nutritiva química. La mezcla de AH con cationes se denominan humatos y con AF fulvatos.

Lo anterior, motiva a estudiar nuevas alternativas en el cultivo de tomate cherry var. Red Cherry permitiendo aumentar la producción de este cultivo con el uso de un fulvato de fierro, además de resultar una opción económica, de fácil manejo y sin agresiones a la salud humana, ni al ambiente.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de un fulvato de fierro extraído de composta elaborada a base de gallinaza en la calidad y producción de tomate “Cherry”.

Objetivo Específico

Obtener la dosis optima de un fulvato de fierro extraída de composta elaborada a base de gallinaza que produzca los efectos superiores en la calidad y producción del tomate cherry.

Determinar la firmeza, sólidos solubles totales, diámetro ecuatorial y polar en el fruto.

Evaluar número de racimos florales, número de frutos y peso.

HIPÓTESIS

La aplicación de un fulvato de fierro aumenta la calidad y producción del tomate cherry.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Tomate Cherry

El Tomate Cherry también conocido como Cereza, es originario de la costa oeste de Sudamérica, propio de climas tropicales y sub-tropicales. Con la llegada de los españoles a América, fue introducido en Europa como planta ornamental, hasta que descubrieron sus cualidades culinarias y comenzó a cultivarse como hortaliza.

(<http://infomorelos.com/ecologia/tomate.html>).

En su lugar de origen es una planta perenne y en las zonas no tan cálidas es cultivada como planta anual. La planta es de tipo mata, con tallo erguido y ramificado (cuando sus frutos se agrandan llegan a tumbar la planta), recubierta en su totalidad por vellosidades, alguna de las cuales son glandulares con sustancias de olor muy característico. Las hojas son alternas y compuestas, con margen dentado, y están recubiertas de las mismas vellosidades que el tallo. Posee una raíz pivotante de una estructura muy ramificada. Las flores producen unas bayas globosas y carnosas de color rojo y forma variada, conocidas con el nombre de Tomate. Las semillas están inmersas en una pulpa bastante líquida de agradable sabor. En todas las especies salvajes los frutos son muy pequeños (Warnock, 1988).

Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, de allí a otros países asiáticos. De Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (<http://www.infoagro.com.html>). Actualmente esta hortaliza, crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo y su ancestral mas directo es el "tomate cereza" de frutos pequeños y rojos, denominado botánicamente Lycopersicon esculentum var. Cerasiforme (Embrater, 1979).

Investigaciones recientes sobre caracteres hereditarios de tomates cerezas, recolectadas en su ruta de migración hacia México, revelan por estudios enzimáticos y de electroforesis, que esta especie presenta el mismo conjunto génico, que cultivares europeas modernas, pero ambas procedencias difieren considerablemente y por igual de los tipos primitivos de la región andina (Embrater, 1979).

Función del Hierro en la Planta

El Hierro (Fe) en la planta es importante para la formación de la clorofila y proteínas, en la fotosíntesis, la respiración, fijación de nitrógeno, entre otros. Los metales como el Fe, Cu y Mn se pueden encontrar en distintos estado de valencia y en combinación con enzimas proteicas pueden servir como transmisores de electrones en una cadena de procesos metabólicos gracias a la cual se oxidan los substratos orgánicos (André, 1988). Por su parte Jones *et al.* (1991) comenta que el Fe existe en suelo como catión férrico (Fe^{+3}) y ferroso (Fe^{+2}). Esta es la forma activa que toma las plantas y su disponibilidad es afectada por el grado de aireación de suelo. Además, comentan que las plantas con suficiente hierro acidifican la rizósfera cuando se descargan compuestas de hierro y mejoran su disponibilidad de extracción.

Las raíces lo toman como Fe^{+2} o en forma de quelato. La absorción de hierro inorgánico esta ligada a la capacidad de raíces para reducir el pH y reducir el Fe^{+3} en Fe^{+2} en la rizósfera. Dentro de los procesos fisiológicos, participa en la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis así como el metabolismo de las proteínas (André, 1988). Como un transportador de electrones, esta involucrado en las reacciones de óxido-reducción es también un componente de las hemo-proteínas como los citocromos, que son constituyente de los sistemas de óxido-reducción en los cloroplastos, en las mitocondrias, y también es un componente de óxido-reducción en la nitrato-reductasa. Otras hemo-enzimas son la catalasa y las peroxidasas. En condiciones de deficiencia de hierro, la actividad de ambas 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 hierro 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 y Olsen *et al.*, (1981) mencionan que, en general, la cantidad de hierro requerida por un cultivo por temporada de crecimiento es de 5-10 kg ha⁻¹.

El Hierro en Suelos Calcáreos

Los suelos calcáreos son comunes en la región norte de México, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se presenta predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual. Se caracterizan por presentar pH alto (de 7 a 9) y un contenido significativo de carbonatos libres (Brown y Jolley, 1989). El Fe es transformado en hidróxido férrico el cual precipita volviéndose insoluble, y se produce una severa clorosis, llamada “clorosis caliza” (Rodríguez, 1982).

Un problema característico asociado a la producción de cultivos en suelos calcáreos es la condición llamada clorosis férrica, consecuencia de la carencia de Fe disponible en el suelo y cuyo síntomas es el amarillamiento o clorosis intervenal la cual se corrige con la aplicación de Fe (Emery, 1982). Las deficiencias de Fe son las mas difíciles de corregir pues es el ion que se inactiva más en el suelo (Yúfera y Carrasco, 1973).

Actualmente existen diferentes productos para corregir las carencias de hierro que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo, estos productos se les conoce como quelatos de hierro (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.), su acción consiste en que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior, evitando su hidrólisis y precipitación (Cadahia, 1998).

Mexicano (1998), al aplicar 350 y 600 ppm de nitrógeno con relaciones de NO₃ : NH₄ (75:25) y 3 ppm de Fe₂SO₄ y 5 y 7.5 ppm de FeEDDHMA, en tomate bajo hidroponía

encontró mayor rendimiento, calidad de fruto y contenido de clorofila. En suelos calcáreos Tovar y colaboradores (1991), aplicaron a maíz 100 kg ha^{-1} de Fe, 600 kg ha^{-1} de azufre y 2.5 kg ha^{-1} de molibdeno, con el fin de corregir clorosis férrica, concluyeron que del 80 al 90 por ciento de la clorosis fue controlada por los tratamientos. Además, las plantas presentaron mayor contenido de hierro cuando no se aplicó molibdeno y la clorosis está presente aun cuando las cantidades de nitrógeno y fósforo recomendadas son aplicadas.

Absorción de Hierro por las Plantas

Las plantas tienen dos diferentes vías o estrategias por medio de las cuales son capaces de aumentar la disponibilidad de Fe^{+3} en la solución del suelo.

Estrategia I. Las monocotiledóneas no gramíneas y las dicotiledóneas disponen de varias formas de extraer el Fe^{+3} del suelo, y que 1) disminuyen el pH de la rizosfera al bombear protones al suelo; 2) secretan fenoles y ácidos orgánicos que funcionan como agentes quelantes del Fe, y 3) las plantas con estrategia 1 son capaces de realizar la reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} por medio de una reductasa de Fe, asociada a la membrana plasmática, dicha reductasa es inducible por la baja concentración de Fe.

Estrategia II. Las gramíneas excretan fitosideróforos, aminoácidos no proteínicos, que solubilizan los iones Fe^{+3} formando un complejo Fe^{+3} -fitosideróforos, la liberación de fitosideróforos se correlaciona positivamente con la resistencia a la clorosis férrica. Los fitosideróforos también acarrean otros cationes como el Zn^{+2} , Mn^{+2} y Cu^{+2} (Marschner y Romheld, 1994).

Quelatos de Hierro

Un quelato (del griego quela = pinza de cangrejo) es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior, al evitar su hidrólisis y precipitación. Los quelatos, por lo tanto son moléculas muy estables.

En la actualidad, se reconocen únicamente seis agentes quelatantes que pueden ser utilizados en la agricultura:

EDTA: Ácido Etilén-Diamino-Tetraacético

DTPA: Ácido Dietilen-Triamino-Pentaacético

HEDTA o HEEDTA: Ácido Hidroxi-Etilén-Diamino-Triacético

EDDHA: Ácido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-fenil-acético

EDDHMA: Ácido Etilén-Diamino Di-órto-Hidroxi-para-Metil-fenil-acético

EDDHCA: Ácido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-para-Carboxi-fenil-acético

Los quelatos tipo Fe-EDTA sufren descomposición al reaccionar con los sustratos según su reactividad química, ya que dependen del pH, presencia de calcio en los materiales y otros metales competidores. El contenido en caliza es, por ejemplo, determinante de su estabilidad. En términos generales no podrá ser utilizado materiales con pH superior a 6.5.

El Fe-DTPA y Fe-HEDTA tienen un comportamiento parecido al Fe-EDTA, aunque el Fe-DTPA soporta pH más elevados (hasta 7-7,5), sin embargo, es un producto que sufre descomposición química espontánea en el suelo, por lo que su uso implica pérdida de acción en el tiempo. Fe-HEDTA sólo podría ser utilizado a pH inferiores a 6 (Cadahia *et al.* 1997).

La concentración de Fe acumulado en las hojas, es suficiente cuando es mayor de 100 ppm durante la etapa de mayor demanda la formación del fruto (Wilcox, 1993). Para Burueño (1994), el valor óptimo de la concentración de Fe en tomate, es de 140 ppm en la etapa de formación de fruto. El Fe total en materia seca no se relaciona con suficiencia ya que la mayoría se encuentra en la planta en forma férrica (Fe^{+3}) como fosfoproteína férrica y el ión ferroso (Fe^{+2}) es la forma metabolitamente activa (Jones *et al.* 1991). A concentraciones de 1g de sequestrene 330 + 1 cm³ de Bionex/2L de agua, se logra obtener un mejor crecimiento y desarrollo, por consiguiente un mayor rendimiento (Ordoñez, 1994).

Reacción de las Sustancias Húmicas (SH) con el Hierro en el Suelo

Sequi (1978) afirma que el Fe inorgánico es un compuesto altamente inestable en el suelo y tiende a precipitarse, especialmente en suelos calcáreos. En presencia de materia orgánica, el Fe se hace complejo y además disponible, de hecho los agentes quelatantes de bajo peso molecular como aminoácidos o ácidos orgánicos hidroxilados, secretados de las raíces por las plantas, pueden remover el hierro desde complejos orgánicos, introduciendo el nutrimento hasta la solución, donde las raíces de las plantas lo pueden absorber. La adición de sustancias húmicas a la solución del suelo puede hacer fácil el proceso.

Los primeros conocimientos sobre los ácidos crénico ($C_{24}H_{24}O_{16}$) y apocrénico ($C_{24}H_{12}O_{12}$) o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crénico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire forma una coloración pardo oscura transformándose, de esta manera, en una sustancia poco soluble - parecido al ácido húmico - clasificado como ácido apocrénico. Los estudios realizados por los suecos Berzelius y Mulder y el ruso Guerman, compararon que estos ácidos contienen menos carbón (44-49%) y más oxígeno que el ácido húmico. Estos ácidos destruyen rápidamente la fase mineral del suelo y en particular, los minerales de silicato. También se ha comprobado que las sales crénicas y apocrénicas de calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc, son fácilmente solubles y velozmente lavadas del suelo por lixiviación.

(www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica13.asp)

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

Los AF constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables

por los ácidos, susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos (<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/susthum.htm>)

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).

Los AH y los AF poseen un alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados (-COOH y -OH), que pueden complejar y/o quelatar cationes, sobre todo metálicos, ya que son más rápidamente adsorbidos que los alcalino-térreos (Harter y Naidu, 1995). En los primeros compuestos orgánicos, dominan los grupos funcionales carboxilos (entre 500 y 900 meq 100 g) y para los segundos, los grupos oxhidrilos fenólicos (no más de 1400 meq 100 g), porque más del 80% de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Harter y Naidu, 1995; Schnitzer, 2000).

Los AF son la porción soluble en agua, bajo todas las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los AH por acidificación. Los AF son de color amarillo claro a café-amarillento, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 KDa), 45% de carbón y 48% de oxígeno (12% más que los AH). Tienen bajo peso molecular, alto contenido de oxígeno, pero bajo contenido de carbón, contienen más grupos funcionales de naturaleza ácida, particularmente carboxilo (COOH). La acidez total es de 900 a 1400 meq 100 g y considerablemente más altos que los AH (400 a 870 meq 100 g) (Stevenson, 1982).

Otra importante diferencia es que, el oxígeno de los AF puede ser considerado de gran manera, como grupo funcionales (-COOH, OH, C=O), unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos (Figura 1), mientras que los AH poseen la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos (Stevenson y Schnitzer, 1982).

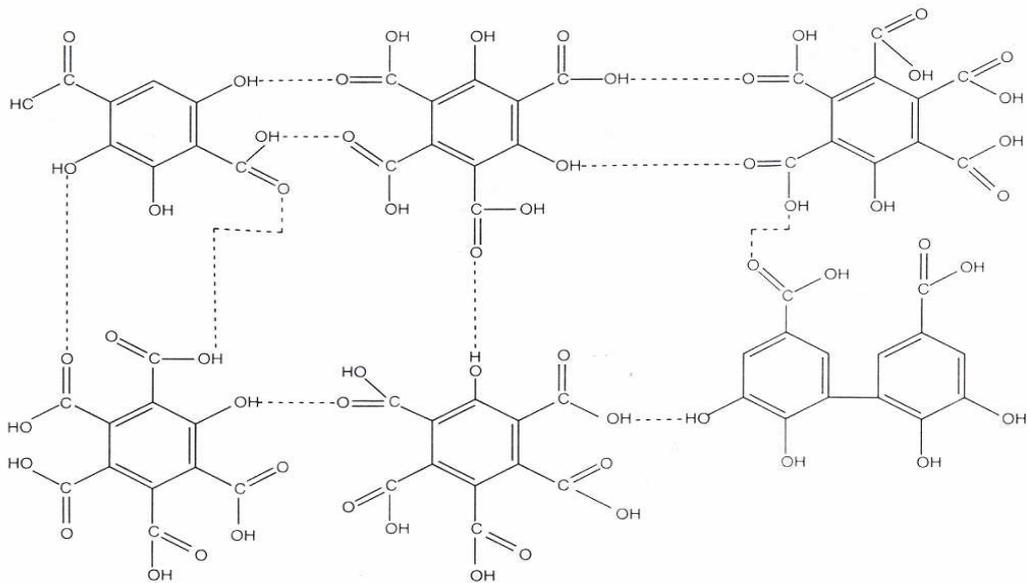


Figura 1. Estructura química del ácido fúlvico (Porta *et al.* (1999).

Efecto de los Ácidos Fúlvicos en el Crecimiento Vegetal

Como efectos indirectos las SH intervienen en la disponibilidad de iones y traslocación dentro de las plantas (Adani *et al.* 1998).

Los AH estimularon la longitud de raíces en un 54% y la parte aérea en 146%, pero, el contraste más marcado, fue la longitud de la parte aérea, de plantas de tomate, tratadas con AF, porque fue superior en 170%, mientras que las raíces, solo aumentaron un 10%. No obstante las respuestas de la planta, depende de la concentración de ácidos fúlvicos (AF), de la especie vegetal y de la fuente de estos ácidos (Kononova, 1961).

Adani *et al.* (1998), postulan que los grupos carboxilos y los hidroxilos fenólicos y alcohólicos de los AF son los responsables para la influencia de estos ácidos en la raíz de los hipocotilos, como un resultado de su actividad quelatante con el hierro. Los compuestos de bajo peso molecular (ácidos fúlvicos) intervienen en la solución de iones metálicos e influyen en el transporte hacia las raíces de las plantas. En contraste, compuestos de alto peso molecular (ácidos húmicos), funcionan como una “piel” para los cationes polivalentes (Stevenson, 1982).

A pesar de lo comentado no hay evidencia de que las SH intervengan en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta (Kuitert y Mulder, 1993), es decir, que actúen como suplidores y reguladores de la nutrición vegetal en forma similar a los intercambiadores sintéticos de iones (agentes quelatantes) (Orlov, 1995; Pettit, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El trabajo se efectuó en el invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en la Ex – Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23’ de latitud norte, los 101° 00’ de longitud oeste y una altitud de 1742.

Metodología

Semilla del tomate cherry cv “Red Cherry”, se sembró en una charola de poliestireno de 200 cavidades, previamente desinfectada con cloro al 5% y enjuagada con agua corriente. El sustrato utilizado fue peat-moss con perlita humedecido previamente. Cuando la plántula contenía tres pares de hojas verdaderas, se transplantó en bolsas de polietileno de 2 kg con peat-moss y perlita como sustrato (relación 1:1, peso / peso). Al momento del trasplante y después cada 10 días hasta la floración, al sustrato se le agregaron los tratamientos (Cuadro 1); el trabajo se estableció de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con tres repeticiones (tres plantas formaron una repetición). El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$ y 0.01), para la cual se empleó el paquete para computadora MINITAB, versión 14 para Windows.

Las variables evaluadas a la planta fueron: racimo floral (RF), número de fruto (NF), altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y clorofila beta (CB) (espectrofotómetro marca Biomate), bajo el procedimiento de acetona al 85%, la lectura de absorbancia fue a 642 nm., en el fruto fueron: rendimiento (R), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST) y firmeza (F).

Cuadro 1. Tratamientos adicionados al tomate Cherry var. "Red Cherry", en invernadero.

Tratamientos	Dosis (ml. litro ⁻¹ de agua)
FFe1	1
FFe2	2
FFe3	3
K1	1
K2	2
K3	3
TA	Agua

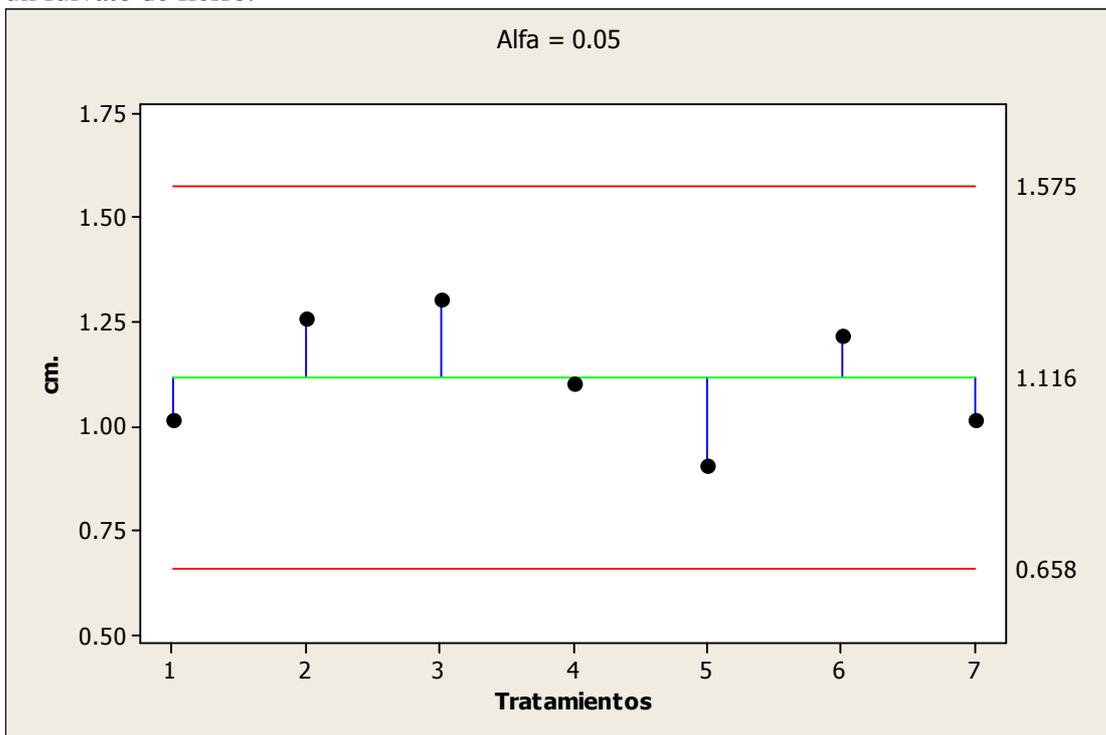
FFe1, FFe2, FFe3.- fulvato de fierro extraído de una composta a base de gallinaza; K1, K2, K3.- K-tionic (AF de leonardita); TA.- Testigo absoluto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza para la variable altura de la planta no hay efecto significativo entre los tratamientos, pero si hay efecto significativo para las repeticiones (Cuadro 2). Gráficamente (Figura 2) se manifiesta que al aplicar el fulvato de hierro a 3ml litro⁻¹ aventaja en un 28.7 por ciento al TA.

Estos resultados coinciden con los datos obtenidos en el 2001 por Mendieta donde el FFe actúa como promotor de altura, en esta investigación se muestra claramente un aumento en lo que se refiere a la altura del cultivo de tomate a la adición de 2cc de FFe.

Figura 2. Comparación de medias de altura de plántula de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



Cuadro 2. Concentrado de análisis de varianza (ANVA) de las variables medidas al cultivo de tomate "cherry", con la adición de un fulvato de hierro.

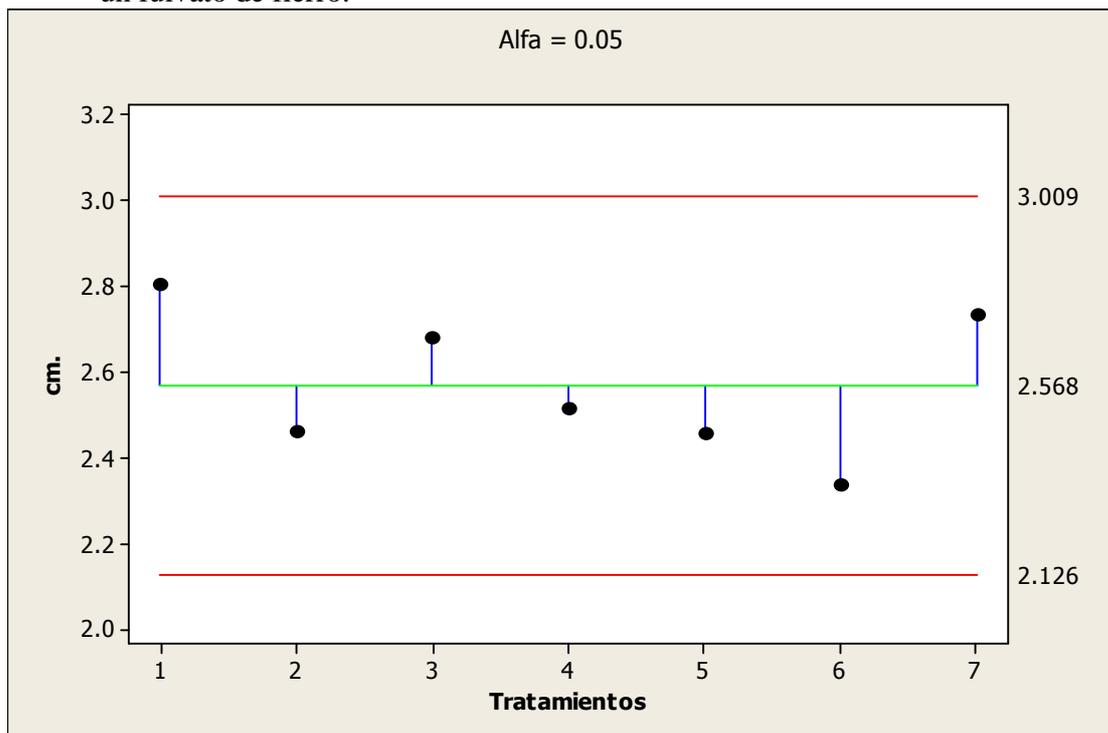
Variable	Fuente	F	P
Altura de planta	Tratamiento	1.06	0.437 NS
	Repetición	2.91	0.093 *
Diámetro Polar	Tratamiento	1.23	0.358 NS
	Repetición	0.99	0.399 NS
Diámetro Ecuatorial	Tratamiento	1.94	0.155 NS
	Repetición	0.02	0.976 NS
Diámetro del Tallo	Tratamiento	4.06	0.019 *
	Repetición	5.35	0.022 *
Numero de Racimo Floral	Tratamiento	1.14	0.398 NS
	Repetición	0.72	0.506 NS
Numero de Fruto	Tratamiento	2.78	0.062 *
	Repetición	1.73	0.219 NS
Firmeza	Tratamiento	2.64	0.072 *
	Repetición	1.23	0.326 NS
° Brix	Tratamiento	12.77	0.000 **
	Repetición	2.39	0.134 NS
Clorofila B	Tratamiento	2.15	0.122 NS
	Repetición	1.77	0.212 NS
Rendimiento	Tratamiento	1.38	0.300 NS
	Repetición	0.19	0.829 NS

** = altamente significativo (.01), * = significativo (.05), NS = No significativo

En el diámetro polar no hay efecto significativo de los tratamientos ni las repeticiones (Cuadro 2). Aquí se manifiesta que a la adición de 1 ml de fulvato de hierro. litro⁻¹ de agua, superó en 2.5 por ciento al TA (Figura 3).

Para esta variable no se encontró como apoyar el resultado obtenido, pero se asume que los grupos funcionales libres de los ácidos fúlvicos (-COOH), actuaron como ligantes naturales de los iones y posteriormente los colocaron disponibles para las plantas. Esto quiere decir que las sustancias húmicas están bien polimerizadas (Fründ *et al.*, 1994; Orlov, 1995; Schnitzer, 1991, 2000) y bien oxidados (AF=859 meq/100g).

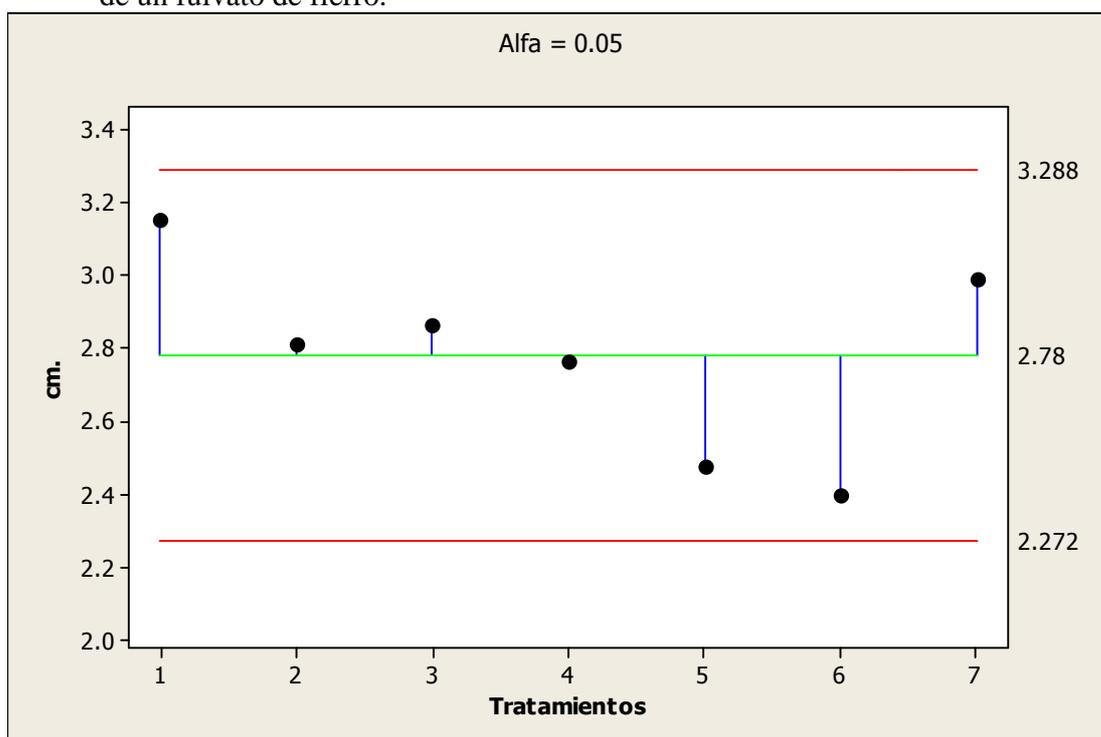
Figura 3. Comparación de medias de diámetro polar de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



No hay efecto significativo de los tratamientos ni de las repeticiones en el diámetro ecuatorial (Cuadro 2), aunque gráficamente se manifiesta que al agregar 1 ml de fulvato de hierro. litro^{-1} de agua, aventajo en 5.3 por ciento al TA (Figura 4).

No se encontró como apoyar el resultado para esta variable. Aquí es necesario considerar que cuando un tipo de sustancias húmicas presentan mayores cantidades de grupos funcionales libres $-\text{COOH}$, son los más capaces de complejar y/o quelatar iones con carga eléctrica positiva, principalmente los metálicos, en función del material orgánico original Orlov (1995) y Schnitzer (2000).

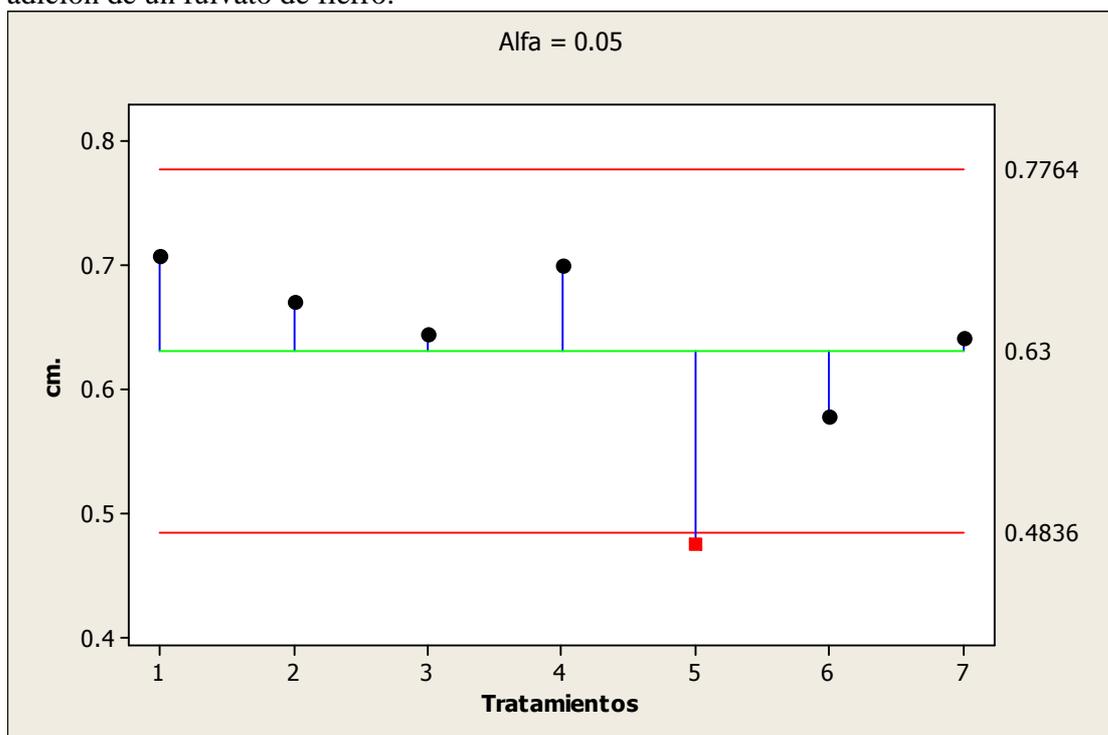
Figura 4. Comparación de medias de diámetro ecuatorial de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



En el diámetro de tallo hay efecto significativo por los tratamientos y las repeticiones (Cuadro 2). Aquí el tratamiento de fulvato de fierro a 1ml litro⁻¹ y el de 1 ml de K – tionic, superaron al TA en 9.3 por ciento.

Esto concuerda con Mendieta (2001), quien asevera que el FFe estimula el crecimiento del tallo a bajas concentraciones teniendo un óptimo y después decrecer a grandes concentraciones en el cultivo de tomate.

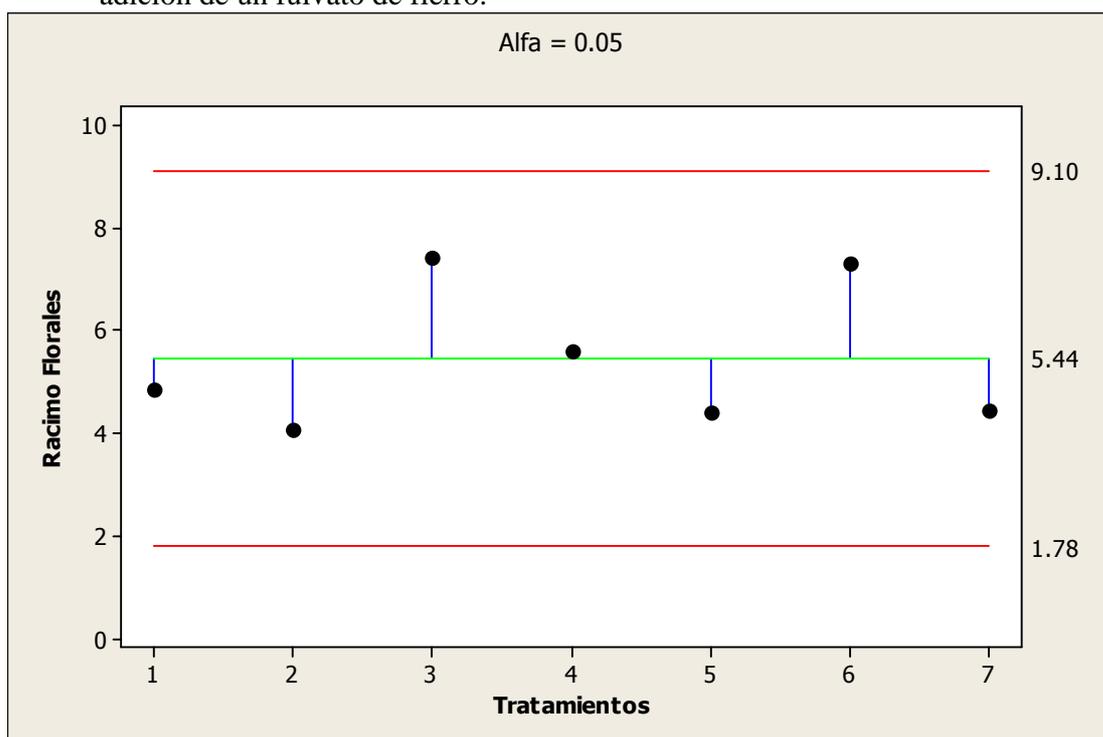
Figura 5. Comparación de medias de diámetro del tallo de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de fierro.



Para la variable número de racimo floral no se encontró diferencia significativa de los tratamientos ni las repeticiones (Cuadro 2). Gráficamente podemos observar que al agregar 3 ml de fulvato de fierro. litro^{-1} , superó en 67 por ciento al TA. (Figura 6).

Los resultados obtenidos coinciden con Reyes *et al.* (1999), donde los ácidos fúlvicos de leonardita a una cantidad de 0.4 ml L^{-1} de agua combinados con la solución nutritiva al 100% (AFL4+100%), el número de racimo floral superó en 70 % a la solución nutritiva al 50% y en 20 % a la de 100% en el cultivo de tomate.

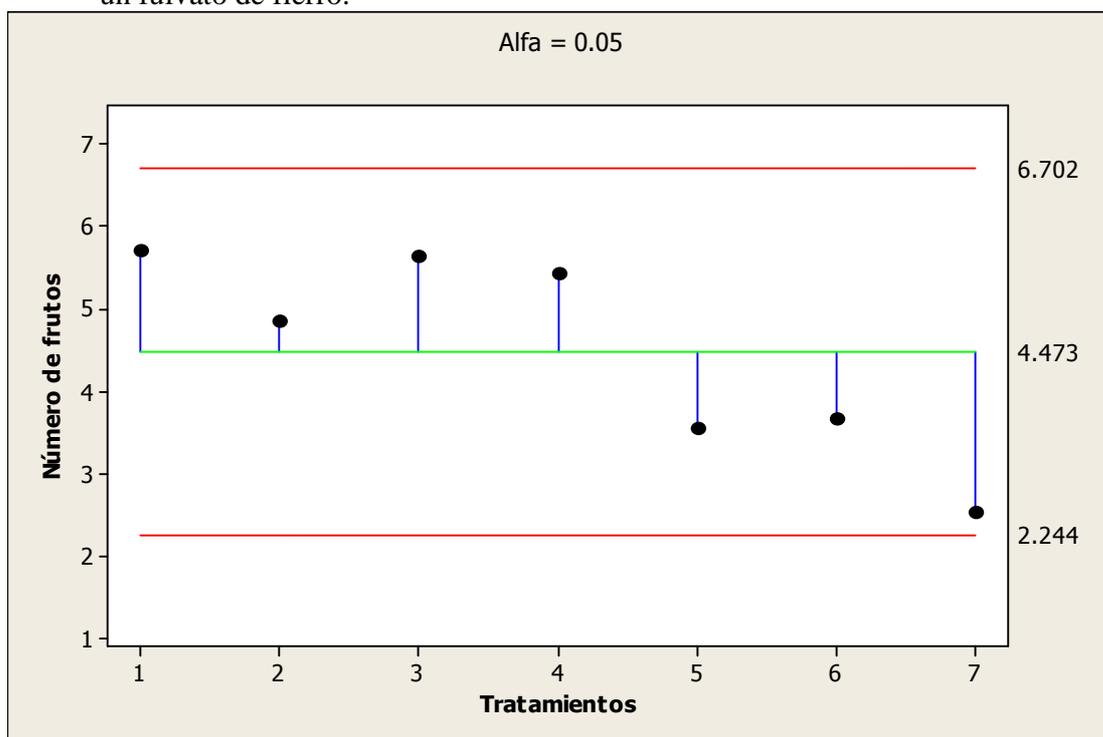
Figura 6. Comparación de medias de números de racimo floral de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de fierro.



En el número de fruto se encontró efecto significativo de los tratamientos, pero no de las repeticiones (Cuadro 2). Cuando se agregó el fulvato de hierro a razón de 1ml litro⁻¹ de agua, aventajó en 127 por ciento al TA, seguido por el tratamiento de fulvato de hierro 3ml litro⁻¹ el cual superó al TA en 124.3 por ciento (Figura 7).

Esto corresponde con Reyes *et al.* (1999), los ácidos fúlvicos de leonardita a una cantidad de 0.4 ml L⁻¹ de agua combinados con la solución nutritiva al 100% (AFL4+100%), el número de frutos fue superior en 184 % que cuando se adicionó la solución nutritiva sola al 50% (SN50). Para Bargueño (1994), el valor óptimo de la concentración de Fe en tomate, es de 140 ppm en la etapa de formación de fruto.

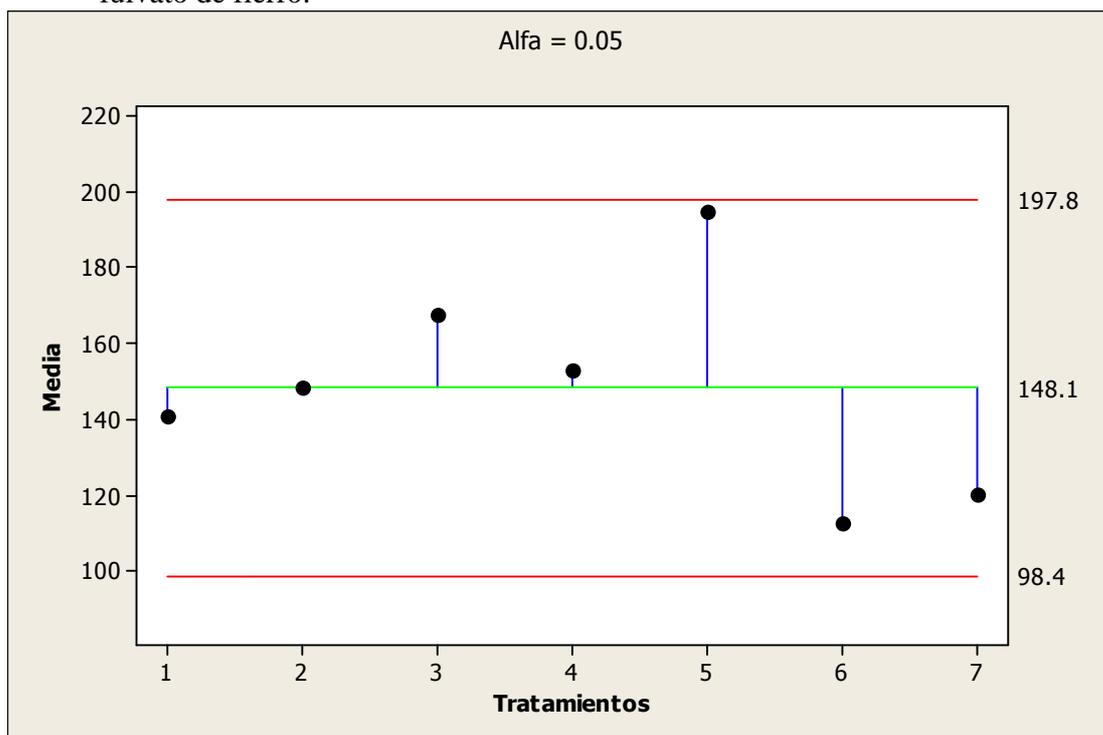
Figura 7. Comparación de medias de números fruto de tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



En la firmeza hay efecto significativo por los tratamientos y no significativo por las repeticiones (cuadro2). Cuando se agregó K-tionic a razón de 2 ml litro^{-1} superó al TA en 61.9 por ciento (Figura 8).

Estos coinciden con López (2003) quien encontró que al aplicar 27.03 μl por kg de SPROUT-NIP 7 (Fitorregulador), los tubérculos presentaron mayor firmeza en el cultivo de Papa.

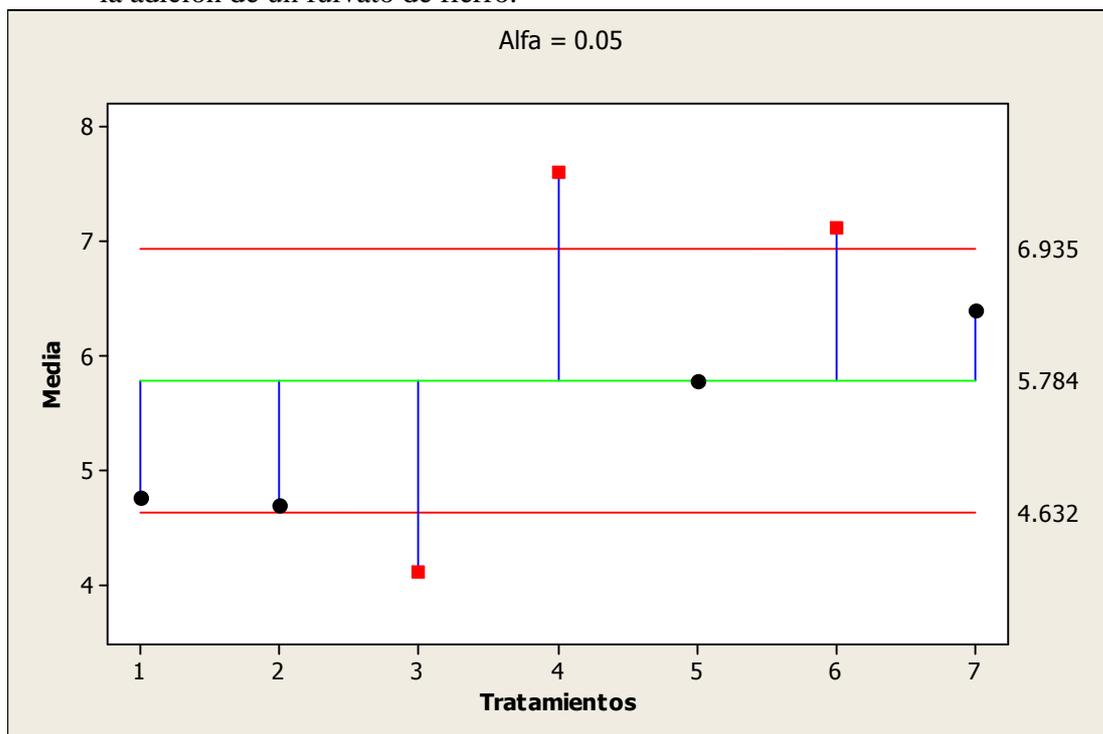
Figura 8. Comparación de media en la firmeza en el tomate “cherry” con la adición de un fulvato de fierro.



Para la variable sólidos solubles totales (°brix) hay efecto altamente significativo por los tratamientos y no significativo por las repeticiones (Cuadro 2), donde al agregar 1 ml de K – tionic aventajo al TA en un 18.7 por ciento, seguido por 3 ml de K – tionic que superó en 10.9 por ciento al TA (Figura 9).

Estos resultados concuerdan con Nicolás (2006) ya que detectó que el ENERPLANT (Fitorregulador) incrementa la calidad de sólidos solubles sin afectar la concentración de acidez en la fruta del tomate. Villarreal (1982) afirma que los tomates para industrialización deben tener mínimamente 4.5 % de sólidos solubles, no más de 2 % de acidez titulable y un pH de 4.4.

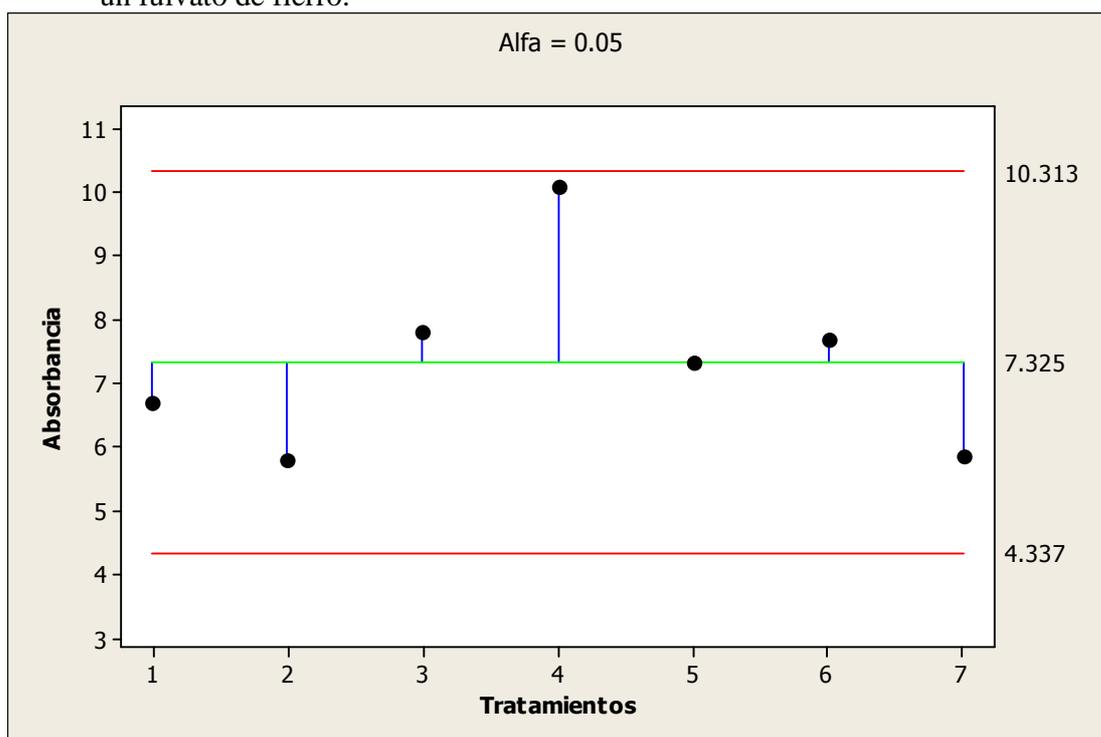
Figura 9. Comparación de media en los sólidos solubles (°Brix) en el tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



Para la variable clorofila beta no hay diferencia significativa de los tratamientos ni de las repeticiones (Cuadro 2), sin embargo, gráficamente, al agregar el tratamiento de 1 ml de K – tionic, superó al testigo en 72 por ciento, seguido por el tratamiento de fulvato de hierro a la cantidad de 3ml litro⁻¹, el cual aventajó al TA en un 33 por ciento (Figura 10).

Cabe mencionar que el hierro y el manganeso son esenciales en la molécula de clorofila, es decir, intervienen en la fotosíntesis, además, lo anterior provoca un aumento en el área foliar y por consiguiente en el peso del fruto (Salisbury y Ross, 1994; Reyes *et al.*, 1999).

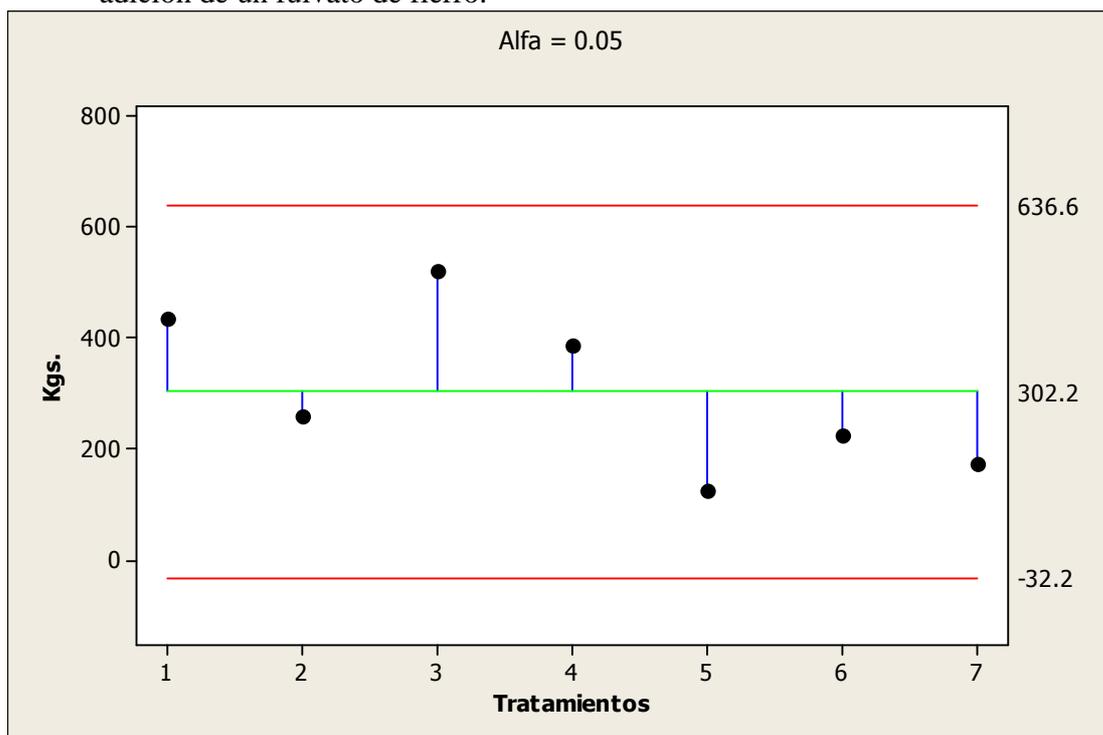
Figura 10. Comparación de media de clorofila Beta en el tomate “cherry” con la adición de un fulvato de hierro.



En el rendimiento no hay efecto significativo por los tratamientos, ni por las repeticiones (Cuadro 2), sin embargo, gráficamente se encontró que al agregar el fulvato de hierro a razón de 3ml litro⁻¹ superó al TA en un 204 por ciento (Figura 11).

Esto concuerda con Mendieta (2001) que al aplicar una dosis de 2 cc de FFe fue la mejor en 25 y 41 por ciento que los mismos quelatos y en un 138 por ciento al testigo, en el rendimiento del cultivo de tomate.

Figura 11. Comparación de media en el rendimiento en el cultivo tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro.



CONCLUSIÓN

El fulvato de hierro extraído de una composta a base de gallinaza, aumenta el diámetro polar y ecuatorial del fruto; diámetro de tallo, número de racimo floral, número de frutos, altura de planta y rendimiento total del tomate cv. "Red Cherry"

LITERATURA CITADA

- Adani, F.; Genevini, P.; Zaccheo, p.;Zocchi, G. 1998. the effect of comercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21 (3):561-575.
- André, L. 1988. Los microelementos en la agricultura. Trad. Alonso Dominguez. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- Burueño, L. C. 1994. La fertigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Culiacán, Sinaloa. México. P. 46.
- Brown, J. C. and V. D. Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. *BioSci.* 39: 546-551.
- Cadahia, L. C.; Eymar, A. E.; Lucena, M. J. 1998. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. In: *Fertirrigación Cultivos hortícolas y ornamentales*. Ed Cadahia, L. C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. pp. 118-121
- Cadahia, L. C.; Eymar, A. E.; Lucena, M. J. 1997. Materiales Fertilizantes Utilizados en Fertirrigacion. In: *Fertirrigacion, Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. Ed. Cadahia L, C. ediciones Mundi- Prensa. España-México. Pp. 99-111.
- Castellano, R. J. Z. 1982. la importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiercoles. *Seminario tecnico* 7(8):32. Instituto nacional de investigaciones forestales y agropecuarias-secretaria de agricultura y recursos hidraulicos. Torreón, Coahuila, Mexico.
- Cepeda, D. J. M. 1991. *Química de Suelos*. Segunda Edición. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México, D. F.

De La Rosa, M. J. C. 2006. Uso de un activador Biotecnologico en la Producción de Tomate en Invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.

Embrater, G. J. 1979. Manual Técnico da Cultura da Tomate. In Cap 6. Melhoramento do tomateiro. Series Manuais N° 14. Brasilia. P 39 – 50.

Emery, T. 1982. Iron metabolism in human and plants. Amer. Sci 70: 626 - 632

Escobar, 2002, comunicación personal.

FAO/ UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources Wagering/Rome.

Fründ, R.; Guggenberg, K.; Haider, K.; Knicker, H.; Kögel-Knaber, I.; Lüdeman, H-D.; Luster, J.; Zech, W.; Spiteller, M. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. Z. Pflanzenernähr. Bodenk, 157: 175-186.

Garduño, C. E. 2004. Aplicación de Enerplant en la Producción y Calidad del Rosal bajo Invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.

Harter, R. D. and Naidu, R. 1995. Rol of metal-organic complexation in metal sorption by soils, in Advance in agronomy. (Ed.) D. L. Sparks, Vol. 55: 219-263.

<http://www.edafologia.ugr.es/introeda/tema02/susthum.htm>

<http://www.fresno.com.mx/elsurco/agroenlace2/index.htm>

http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/otros/sustancias_humicas.htm

<http://www.infomorelos.com/ecologia/tomate.html>

<http://www.infoagro.com.html>

Jones, J. B.; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. Plant Análisis Handbook. Micro-Macro. Publishing. U. S. A.

Kuiter, A. T. and Mulder, W. 1993. Water-soluble organic matter in forest soils. II. Interference with plant cation uptake. Plant and Soil. 152: 225-235.

Kononova, M. M. 1961. Soil organic matter. Its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Pergamonn Press. Oxford.

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

Linehan, D. J. 1976. Humic acid and iron uptake by plants. Plant and Soil. 50: 663-670.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. 2nd. Edition academic Press Inc. London.

Marschner H. and Romheld V. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. Plant Soil 165:261-374.

Méndez, H. J. H. 2004. Aplicación de Oligosacaridos al Cultivo de Tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) Bajo condiciones de Invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.

- Mendieta, E. J. 2001. Relaciones hídricas y fulvato de fierro en tomate (Lycopersicum esculentum Mill.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Klumer, Dordrecht, Notherlands. Pp. 425 – 437.
- Mexicano, M. J. 1998. Efecto de fuentes de nitrógeno y fierro en el desarrollo del tomate en hidroponía, Tesis de maestría en horticultura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buena vista, saltillo, México.
- Neri, T. A. 1999. Evaluación de diferentes genotipos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) tipo bola de habito indeterminado extra firmes, en Villa de Arista, S.L.P. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Nicolás, P. O. 2006. Evaluación de Enerplant en la producción de tomate bajo invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Olsen, R. A.; Clark, R. B.; Bennett, J. H. 1981. The enhancement of soil fertility by plant roots. Am. Sci. 69: 378-384.
- Ordoñez, C. G. 1994. Efecto del ácido húmico y sulfato de fierro en el tomate (Lycopersicum esculentum Mill.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Orlov, D. S. 1995. Humic substances of the soil and general theory of humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.
- Pettit, D. 2004. Organic matter, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health. Huma Tech. Inc. Markers of Promax.

- Porta, J.; López, A. M.; Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. 849 pg.
- Reyes, L. A.; Campos, A. V.; López C. R.; Ramírez, J. A. C. 1999. Efecto del ácido fúlvico en la mezcla con una solución nutritiva en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). III Encuentro Brasileño sobre Substancias Húmicas. Resumos de Palestras e Trábalos Apresentados em Postres. Universidad Federal de Santa María. Programa de Pos- graduacao em Agronomía. Departamento de Solo: Grupo Brasileiro da Sociedad Internacional de Substancias Húmicas . Santa María, Brasil. pp. 161-163.
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. AGT Editor México. P. 126
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Filosofía Vegetal. Grupo Editorial Iberoamerica. México, D.F.
- Sandoval, P. A. 2004. Efecto del Polimero Comercial Agrofílm Ap en el Crecimiento y Desarrollo de Tomate, en Invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Sequi, P. 1978. Humic Substances: General Influences on Soil Fertility. Golden West, chemical distributors, Inc. Merced California. P (1-10)
- Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter-The Next 75 Years. Soil Science. 51: 41-58.
- 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.
- Stevenson, F. 1982. Humus chemistry: Genesis, composition and reactions. Wiley, New York, USA.

- Stevenson, F. L.; Schnitzer, M. 1982. Transmission Electron Microscopy of Extracted Fulvic and Humic Acids. *Soil Sci.* 133: 179-185.
- Tovar, S. J. L.; Quintero, L. R. 1991. Correlación de la clorosis ferrica por la aplicación de fierro, azufre y molibdeno y su influencia en el rendimiento de maíz en suelos calcáreos del DDR-Mixquiahuala. *Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.* Pachuca, Hidalgo, México.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa S.A de C.V. México, D.F.
- Villarreal, R. D. 1982. Jitomates. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Warnock, S. J. 1988. A Review of Taxonomy and Phylogeny of the Genus *Lycopersicon*. *HortScience*, 23(4)
- Wilcox, G. E. 1993. Nutrient deficiencias and toxicities *in* Crop Plants. In: Tomato. Edit. By Bennett, W. F. The Amer. Phyt. Soc. Ap press. St. Paul Minnesota, U.S.A. pp. 137 – 141.
- Yúfera, E. P. y Carrasco, J. M. D. 1973. Química Agrícola, Suelos y Fertilizantes. Ed. Alhambra. México, DF.

APÉNDICE

General Linear Model: Peso, Φ Polar, ... versus Tratamientos, Repetición

Factor	Type	Levels	Values
Tratamientos	fixed	7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Repetición	fixed	3	1, 2, 3

Analysis of Variance for Rendimiento, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	142.31	142.31	23.72	1.38	0.300
Repetición	2	5.58	5.58	2.79	0.19	0.829
Error	12	122.20	122.20	10.18		
Total	20	270.08				

S = 3.19108 R-Sq = 54.76% R-Sq(adj) = 24.59%

Analysis of Variance for Φ Polar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	0.53218	0.53218	0.08870	1.23	0.358
Repetición	2	0.14355	0.14355	0.07178	0.99	0.399
Error	12	0.86765	0.86765	0.07230		
Total	20	1.54338				

S = 0.268894 R-Sq = 43.78% R-Sq(adj) = 6.30%

Analysis of Variance for Φ Ecuatorial, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	1.2940	1.2940	0.2157	1.94	0.155
Repetición	2	0.0054	0.0054	0.0027	0.02	0.976
Error	12	1.3338	1.3338	0.1112		
Total	20	2.6332				

S = 0.333392 R-Sq = 49.35% R-Sq(adj) = 15.58%

Analysis of Variance for Φ Tallo, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	0.119124	0.119124	0.019854	4.06	0.019
Repetición	2	0.052372	0.052372	0.026186	5.35	0.022
Error	12	0.058750	0.058750	0.004896		
Total	20	0.230246				

S = 0.0699701 R-Sq = 74.48% R-Sq(adj) = 57.47%

Analysis of Variance for °Brix, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	31.4168	31.4168	5.2361	12.77	0.000
Repetición	2	1.9562	1.9562	0.9781	2.39	0.134
Error	12	4.9205	4.9205	0.4100		
Total	20	38.2935				

S = 0.640346 R-Sq = 87.15% R-Sq(adj) = 78.58%

Analysis of Variance for Firmeza, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	14020.4	14020.4	2336.7	2.64	0.072
Repetición	2	2180.9	2180.9	1090.4	1.23	0.326
Error	12	10612.0	10612.0	884.3		
Total	20	26813.2				

S = 29.7377 R-Sq = 60.42% R-Sq(adj) = 34.04%

Analysis of Variance for Racimo Floral, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	35.305	35.305	5.884	1.14	0.398
Repetición	2	7.460	7.460	3.730	0.72	0.506
Error	12	62.087	62.087	5.174		
Total	20	104.851				

S = 2.27462 R-Sq = 40.79% R-Sq(adj) = 1.31%

Analysis of Variance for Numero de fruto, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	27.871	27.871	4.645	2.78	0.062
Repetición	2	5.757	5.757	2.878	1.73	0.219
Error	12	20.017	20.017	1.668		
Total	20	53.645				

S = 1.29155 R-Sq = 62.69% R-Sq(adj) = 37.81%

Analysis of Variance for A. planta, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	0.38850	0.38850	0.06475	1.06	0.437
Repetición	2	0.35670	0.35670	0.17835	2.91	0.093
Error	12	0.73430	0.73430	0.06119		
Total	20	1.47950				

S = 0.247370 R-Sq = 50.37% R-Sq(adj) = 17.28%

Analysis of Variance for Clorofila Beta, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tratamientos	6	5.31920	0.28640	0.05364	2.15	0.122
Repetición	2	5.32390	0.36590	0.16924	1.77	0.212
Error	12	1.79420	0.64320	0.05018		
Total	20	9.49340				

S = 0.347854 R-Sq = 49.73% R-Sq(adj) = 14.83%