

**EFFECTO DE UN FULVATO DE HIERRO EN LA PRODUCCIÓN DEL
TOMATE,**

EN CAMPO CON FERTIRRIEGO

ADOLFO GUSTAVO MORENO MONSIVAIS

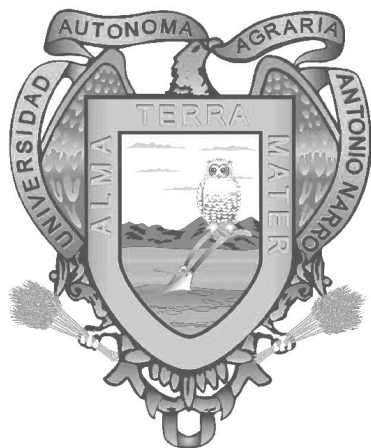
TESIS

Presentada como requisito parcial

para obtener el grado de

Maestro en Ciencias en

Riego y Drenaje



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

Abril de 2006.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

**Efecto de un fulvato de hierro en la producción del tomate,
en campo con fertirriego**

**TESIS
POR
Adolfo Gustavo Moreno Monsivais**

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

MC. Gregorio Briones Sánchez

Asesor:

MC. Lindolfo Rojas Peña

Asesor:

Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:

Dr. Rubén López Cervantes

**Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A mi “**Alma Mater**” por brindarme una vez más la oportunidad de superarme en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para realizar estos estudios.

Al Ing. MC. Gregorio Briones Sánchez por su amistad y su apoyo técnico y científico durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Rubén López Cervantes por su amistad y su valiosa colaboración para revisar el presente trabajo de investigación.

Al Ing. MC. Lindolfo Rojas Peña por su valiosa colaboración en la revisión de esta investigación.

Al Dr. Alfonso Reyes López por todo su apoyo recibido durante la presente investigación.

A los laboratorios del departamento de Horticultura, Ciencias del Suelo, y Riego y Drenaje de esta Universidad por todo el apoyo brindado para realizar los análisis correspondientes en esta investigación.

A la empresa “**IRRIGACIÓN INTELIGENTE**” por las facilidades brindadas para concluir esta etapa de gran importancia en mi formación profesional.

DEDICATORIAS

A mi esposa Edith Ramírez Ramírez por todo su apoyo, cariño y comprensión.

Con amor a mis hijos Gustavo y Edith Zarahí por alegrar mi existencia.

Con respeto y admiración a mis padres J. Melquíades Moreno Juárez y Alicia Jacinta Monsivais Soto.

Con cariño para mis hermanos y amigos, gracias por brindarme su amistad.

COMPENDIO

EFFECTO DE UN FULVATO DE HIERRO EN LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE, EN CAMPO CON FERTIRRIEGO

POR

ADOLFO GUSTAVO MORENO MONSIVAIS

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril 2006.

MC. Gregorio Briones Sánchez-Asesor-

Palabras Clave: Tomate, Fulvato de Hierro, Quelato, Transpiración, Rendimiento.

Con el objetivo de determinar el efecto de un fulvato de hierro, en el crecimiento de tomate en campo con fertirriego, se adicionaron a tomate cv. "Floradade" 5, 10 y 15 L ha⁻¹ de fulvato de Fe, 5, 10 y 15 L ha⁻¹ de fulvato de Fe + 5 L ha⁻¹ de ácido húmico, como testigo relativo 5 kg ha⁻¹ de Sequestrene 138 y un testigo absoluto. Las variables medidas fueron: transpiración, resistencia estomatal, el peso seco de raíz y parte aérea, número de frutos por planta y el rendimiento, el fruto se clasificó en calidad para mercado de exportación, nacional y rezaga. Al adicionar el sequestrene 138 y 10 L ha⁻¹ de fulvato de hierro + 5 L ha⁻¹ de ácido húmico, se presentaron los más altos valores de

transpiración de las hojas. La adición de 5 L ha⁻¹ de fulvato de hierro, 10 L ha⁻¹ de fulvato de hierro y Sequestrene 138, presentó la menor resistencia estomatal. El mayor peso seco total de la planta fue al agregar el tratamiento de 15 L ha⁻¹ de fulvato de hierro, ya que aventajó al testigo con un 25 por ciento. El Sequestrene 138 y 15 L ha⁻¹ de fulvato de Fe + 5 L ha⁻¹ de ácido húmico, superaron en rendimiento de exportación al testigo en un 32 y 24 por ciento respectivamente. De la misma manera los tratamientos antes mencionados mostraron la misma tendencia superando en cantidad de frutos por planta de calidad de exportación, al testigo en un 29 y 24 por ciento. El fulvato de hierro en combinación con ácido húmico no logro igualar en efecto al Sequestrene 138, ambas fuentes de hierro incrementaron significativamente la producción de tomate para exportación. El Sequestrene 138 tomado como “testigo comercial” demostró su efectividad en la nutrición férrica del tomate y la dosis probada fue casi igualada por el fulvato de hierro.

ABSTRACT

IRON FULVATE EFFECT IN TOMATO YIELD, IN FIELD UNDER FERTIGATION

By

ADOLFO GUSTAVO MORENO MONSIVAIS

MASTER OF SCIENCE

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, April 2006.

MC. Gregorio Briones Sánchez-Advisor-

Key words: Tomato, Iron fulvate, Chelate, Transpiration, Yield response.

In a tomato plot cv. "Floradade" irrigated by drip tape under plastic mulch were tested three doses of iron fulvate with or without humic acid in comparing with a Sequestrene 138 and an absolute control. The doses were 5, 10 and 15 L ha⁻¹ of iron fulvate, 5, 10 and 15 L ha⁻¹ of iron fulvate more 5 L ha⁻¹ of humic acid, a Sequestrene 138 dose as relative control and the absolute control. The doses were applied by a fertigation equipment type ventury, and the tomato plants were spaced at 0.36 m between plants and 1.00 m between rows. The variables measured were: transpiration, stomatal resistance, number of fruits per plant, root dry weight and aerial part weight,

fruit yield and the fruit harvested were classified for exportation and national market, beside of outmarket yield.

The leaf transpiration was increased when Sequestrene 138 or 10 L ha⁻¹ of iron fulvate + 5 L ha⁻¹ of humic acid were applied. The lower stomatal resistance was observed on the plants treated with whether 5 L ha⁻¹ of iron fulvate, 10 L ha⁻¹ of iron fulvate and 5 kg ha⁻¹ of Sequestrene 138. The higher total dry weight in the plants was attained with the treatment 15 L ha⁻¹ of iron fulvate, which a 25 % more dry weight compare with the absolute control (no iron). With 5 L ha⁻¹ of Sequestrene 138 or with, 15 L ha⁻¹ of iron fulvate + 5 L ha⁻¹ of humic acid, gave better yields of fruits for exportation such as productions were increased in a 32 and 24 percent compared with control respectively. Also, the Sequestrene 138 y 15 L ha⁻¹ of iron fulvate + 5 L ha⁻¹ of humic acid, raised the amount of exportation quality fruits per plant in 29 y 24 percent in contrast with control respectively. The effect of the iron fulvate mixed with humic acid was lesser than that for the Sequestrene 138, both iron sources increased significantly the tomato yield for exportation. The Sequestrene 138 considered as “commercial control” showed its effectivity for tomato ferric nutrition and the doses tested was almost equaled in response to the iron fulvate.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos e Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
El Hierro (Fe) en suelo y planta.....	4
Características generales de las sustancias húmicas.....	6
Ácidos húmicos.....	7
Ácidos fúlvicos.....	9
Características del radical libre.....	10
Efecto de los ácidos húmicos en suelos agrícolas.....	10
Efecto sobre las propiedades físicas del suelo.....	10
Efecto sobre las propiedades químicas del suelo.....	11
Efectos de absorción.....	11
Reacción de las sustancias húmicas con el hierro en el suelo.....	12
Las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Localización del sitio experimental.....	16
Clima.....	16
Diseño experimental.....	16
Características de la unidad experimental.....	17
Croquis del experimento.....	18
Manejo experimental.....	18
Obtención de las plantas.....	18
Preparación del terreno.....	19
Trazo experimental en el campo.....	19
Acolchado de suelo e instalación del sistema de riego.....	19
Transplante.....	20
Estacado.....	21
Podas.....	21
Riego y fertilización.....	22
Control de plagas y enfermedades.....	23
Variables evaluadas.....	23
Rendimiento.....	23
Transpiración.....	24
Resistencia estomatal.....	24
Peso seco.....	24
RESULTADOS Y DISCUSION	25
Transpiración.....	25
Resistencia estomatal.....	26
Peso seco.....	27
Rendimiento.....	28
Frutos por planta.....	31

CONCLUSIONES..... 34
LITERATURA CITADA..... 36
APENDICE..... 39

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Tratamientos probados en el experimento.....	17
4.1	Medias de peso seco de raíz, parte aérea y total en plantas de tomate tratadas con un fulvato de hierro.....	28
4.2	Medias de rendimiento, en tomate tratado con un fulvato de hierro, por clase y rendimiento.....	30
4.3.	Medias de frutos por planta, en tomate tratado con un fulvato de hierro, por clase y total.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
3.1	Croquis del experimento.....	18
4.1	Transpiración durante un día en el cultivo de tomate bajo dos diferentes fuentes de hierro aplicadas vía fertirrigación	26
4.2	Resistencia estomatal durante un día en el cultivo de tomate bajo dos diferentes fuentes de hierro aplicadas vía fertirrigación.....	27
4.3	Contenido foliar de hierro, calcio y fósforo, durante la etapa de producción de tomate tratado con un fulvato de hierro.....	33

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) ocupa un lugar muy importante en el desarrollo económico y social, ya que es uno de los principales generadores de divisas de acuerdo a los reportes realizados durante el año 2000 cuando el volumen exportado a Estados Unidos fue de 689 900 toneladas, y que representó un valor total de 466.1 millones de dólares (Banco de Comercio Exterior, 2001).

Los suelos agrícolas del municipio de Saltillo, Coahuila, México son Calcisoles, en los que prevalece la textura limosa, el pH entre 7.5 y 8.3, más de 30 % de carbonatos de calcio, cantidades inferiores al uno por ciento en materia orgánica, la fracción arcilla es dominada por las illitas y la densidad aparente superior a 1.3 g cm^{-3} (WRB-FAO/UNESCO, 1994). Debido a estas condiciones, los suelos presentan una estabilidad estructural deficiente (Piccolo y Mbagw, 1990), altos porcentajes de poros con diámetro inferior a $70 \mu\text{m}$, por donde es casi imposible que circule el agua (Horn *et al.*, 1994), fijan los elementos nutrimentales, principalmente los iones metálicos y por consiguiente, se disminuye la producción agrícola de cualquier cultivo.

Entre los microelementos de mayor importancia en la nutrición del tomate se encuentra el hierro, ya que interviene en la constitución química de la molécula de

clorofila, además, forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis. Sin embargo, el hierro inorgánico es un compuesto altamente inestable en el suelo y tiende a fijarse, especialmente en suelos con pH alcalino. Es bien conocido que el empleo de quelatos en la producción agrícola, produce rendimientos aceptables, sin embargo, por su costo, su poder residual y sus consecuencias, el uso de ellos es cada vez mas restringido.

Una de las tendencias mundiales es el utilizar productos orgánicos, los que son obtenidos a partir de materia orgánica humificada por la acción de microorganismos, que producen un conjunto de compuestos estables de color oscuro o negrusco, amorfos y coloidales denominado humus, que está constituido por las húminas residuales, los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos. Éstos últimos facilitan la disponibilidad de elementos nutrimentales para la planta y estimulan el crecimiento en general, lo que permite a los agricultores obtener rendimientos más altos sin alterar el medio ambiente.

En la actualidad existen diferentes productos sintéticos para corregir las carencias de hierro que pueden aplicarse vía foliar o en el riego por goteo. Estos productos son conocidos como quelatos, que son muy efectivos, pero poseen las desventajas de manejar dosis muy altas y su costo también es muy elevado.

Tomando en cuenta la importancia del hierro en el cultivo de tomate y los altos costos de los quelatos, se hace necesaria la búsqueda de algunas alternativas económica y ecológicamente factibles.

Basándose en la problemática expuesta, el objetivo de este trabajo fue: determinar el efecto de un fulvato de hierro en la producción de tomate, en campo con fertirriego.

La hipótesis propuesta nos indica que: la adición de un fulvato de hierro aumenta la producción de tomate, en campo y con fertirriego.

REVISION DE LITERATURA

El hierro (Fe) en suelo y planta

Andre (1988) menciona que el contenido de hierro 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 $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Por su parte Jones *et al.*, (1991) comentan que el Fe existe en el suelo como catión férrico (Fe^{+3}) y ferroso (Fe^{+2}). Ésta es la forma activa que toman las plantas y su disponibilidad es afectada por el grado de aireación del suelo. Además, comentan que las plantas con suficiente hierro acidifican la rizosfera cuando se descargan sustancias compuestas de hierro y mejoran su disponibilidad y extracción.

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

En condiciones de deficiencia de hierro, la actividad de ambas enzimas disminuye. La catalasa juega un papel en la fotorrespiración y en el ciclo de Calvin. Las peroxidasa 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.

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 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 hierro 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 (Loué, 1988). La deficiencia de hierro con frecuencia es relacionada a suelos con altos pH, carbonatos de calcio libres, altos contenidos de fósforo y pobre aireación (Bennett, 1993 y Ayed, 1970). La interacción entre el hierro y el fósforo es la más importante, ya que disminuye la movilidad del hierro.

Mengel (2001), menciona 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 hierro total considerada sola es de muy poco uso en los estudios de clorosis, ya que los niveles de hierro pueden ser incluso mas altos en los tejidos cloróticos. Marschner (1995), también comenta que en muchas ocasiones el contenido de hierro 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 fósforo o de distintas formas de nitrógeno en suelos calizos o por limitaciones que se producen en el crecimiento vegetal.

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).

Características generales de las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas son sustancias de color amarillo a negro, de elevado peso molecular y propiedades refractarias (Aiken *et al.* 1985). La composición de las sustancias húmicas resulta 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.

El origen de las sustancias húmicas es un factor determinante en los atributos moleculares como acidez y tamaño (Senesi *et al.*, 1989). Las sustancias húmicas de origen acuático son más pequeñas que las aisladas del suelo y las sustancias húmicas de leonardita presentan una estructura más condensada.

En base a su solubilidad, en álcalis o ácidos, todas las sustancias húmicas se dividen en tres fracciones mayores que son: (i) ácidos húmicos, esta fracción es de color oscuro que puede ser extraída del suelo por una solución alcalina diluida como el NaOH 0.5 N pero se precipita por acidificación con HCl 6M de pH 2; (ii) el ácido fúlvico, es 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 y bases (Stevenson, 1994). La insolubilidad de la tercera fracción se debe a la firmeza de la combinación con suelos orgánicos y constituyentes del agua.

Ácidos húmicos

A este grupo pertenecen aquellas sustancias que pueden ser extraídas del suelo con soluciones débiles de NaOH, NH₄OH, NaHCO₃, etcétera; y que se precipitan en forma de sustancias oscuras, al ser acidulado el extracto que contiene ácidos inorgánicos (HCl, H₂SO₄).

Los ácidos húmicos contienen de 3.5 a 5 % de nitrógeno siendo ésta la parte constitucional de la molécula. Durante su hidrólisis ácida la mitad del contenido de

nitrógeno (aproximadamente) se transforma en solución, estas sustancias nitrogenadas se componen de aminas, mono y diaminoácidos.

Algunos investigadores han confirmado la presencia de compuestos aromáticos de origen diverso en la molécula de humus. Entre los productos de oxidación se han extraído fenoles, quinonas y ácidos orgánicos de bajo peso molecular, los cuales, al parecer, son productos derivados de la desintegración de los anillos bencénicos (Cepeda, 1991).

Los ácidos húmicos no son sustancias compactas sino más bien porosas; gracias a ello las que poseen alta capacidad de absorción y retención de la humedad. Estos ácidos disfrutan, además, de particularidades hidrófilas de especial importancia, que dependen de la relación en las moléculas de carbono –de configuración aromática– poseedoras de cualidades hidrófobas y cadenas laterales que tienen grupos hidrófilos.

De lo anterior, se deduce que los ácidos húmicos de los suelos podsólicos son hidrófilos, ya que en sus moléculas predomina la configuración cíclica. Por esta razón, los ácidos húmicos de los suelos podsólicos son propensos a la peptización (proceso contrario a la coagulación), fenómeno causante de la alta estabilidad de dichas sustancias orgánicas en presencia de iones cargados eléctricamente (Cepeda, 1991).

Ácidos fúlvicos

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 el sueco Berzelius y Mulder y por el ruso Guerman, comprobaron que estos ácidos contienen menos carbono (44-49 %) y más oxígeno que los ácidos húmicos. 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.

Los ácidos fúlvicos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico. Estos, por su composición química, son similares a los ácidos húmicos, y contienen grupos carboxilos, metoxilos e hidróxilos 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.

Los ácidos fúlvicos contienen, además, aminoazúcares y, posiblemente, sustancias reductoras en mayor cantidad que los ácidos húmicos (Cepeda, 1991).

Características del radical libre

Las sustancias húmicas son ricas en radicales libres estables que probablemente juegan un papel importante en reacciones de polimerización, reacción química en la que compuestos de bajo peso molecular (monómeros) se combinan repetidamente entre sí para formar compuestos de alto peso molecular (polímeros), y depolimerización con otras moléculas orgánicas, incluyendo pesticidas y contaminantes tóxicos y en los efectos fisiológicos que estas sustancias se sabe que ejercen.

Efecto de los ácidos húmicos en suelos agrícolas

Efecto sobre las propiedades físicas del suelo

Narro (1994) señala que la materia orgánica afecta positivamente las características físicas, químicas y biológicas de interés agrícola en los suelos, y Choudhry (1984) coloca a las sustancias húmicas como parte de la materia orgánica. Entre las características que mejora están:

Estructura.

Densidad aparente.

Densidad de las partículas sólidas.

Disminución en la resistencia a la penetración de raíces y crecimiento de órganos vegetales subterráneos.

Compactación.

Profundidad.

Reducción en formación de costras y agrietamientos.

Color.

Efecto sobre las propiedades químicas del suelo

Así mismo entre las características químicas, están las que se enlistan enseguida.

(Narro, 1994).

Solubilidad.

Reacción del suelo (pH).

Acción Buffer.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Por ciento de Sodio Intercambio (PSI).

El humus mejora la estructura de suelos defloculados por exceso de sodio y remueve a este las micelas del suelo, mediante quelatación y donación de electrones en sustitución de los mismos.

Efectos de absorción

Una de las principales características de las sustancias húmicas es su capacidad de absorber y retener agua en grandes cantidades. La retención de agua de las sustancias húmicas por unidad de peso es de 5 a 10 veces mayor que en los constituyentes

inorgánicos del suelo. De acuerdo a Visser (1986), la capacidad de retener agua de muchos suelos es directamente proporcional a su contenido de humus.

Reacción de las sustancias húmicas 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 las 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 de suelo puede hacer fácil el proceso.

Las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas

Fagbenro y Agboola (1993) mencionan que las sustancias húmicas particularmente el ácido húmico y ácido fúlvico desde varias fuentes tuvieron efecto positivo en el crecimiento de la planta a través de la aceleración de los procesos respiratorios, o al incrementar la permeabilidad de las células y por la estimulación hormonal. Evidencias recientes señalan que las respuestas de los compuestos húmicos afectan la producción de materia seca en la planta y nódulos en plantas leguminosas, ellos también presentan influencia en la toma de nutrimentos.

Las sustancias húmicas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez - Andréu, *et al.* 1994).

David *et al.* (1994) reportan que las plantas de tomate con la aplicación de 1.28 g L⁻¹ de ácido húmico incrementaron significativamente en retoños la acumulación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn; en raíces se incrementó la acumulación de N, Ca, Fe, Zn, Cu. A la vez los pesos secos y frescos se incrementaron también, sin embargo, comparando la acumulación de nutrimentos en plantas tratadas con 1.28 g L⁻¹ de ácidos húmicos y aquellas que dieron un suministro adicional de nutrimentos equivalentes a aquellas suministrados por los ácidos húmicos al nivel de 1.28 g L⁻¹, los retoños acumularon la mayor cantidad de N, P, K, Fe y Cu, mientras que las raíces acumularon solo K y Ca. Por lo tanto, estos incrementos no parecen estar asociados con contenidos de nutrimentos en ácidos húmicos. Un cambio en el pH del suelo de 5.8 a 7 no tuvo efectos sobre la acumulación de nutrimentos o crecimiento de plántulas de tomate. La interacción del pH y suministro de ácidos húmicos no fue significativa.

Chen y Abiad (1985) encontraron que las sustancias húmicas en el crecimiento vegetal con una adecuada nutrición mineral muestran efectos positivos sobre la biomasa y el crecimiento de raíces.

Adani *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la aplicación de ácidos húmicos comerciales en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate; entre sus resultados

encontraron que al aplicar ácidos húmicos de turba o leonardita al suelo se obtenía un incremento significativo en el contenido de hierro en las raíces, mejorando también la nutrición respecto a otros elementos como el N, Ca o P. los autores llegaron a la conclusión de que el incremento en la concentración de hierro podría deberse a la reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} por la presencia de los ácidos húmicos.

En un experimento con fulvato de hierro realizado bajo condiciones de hidroponía por González (1999), se obtuvo efecto sobre la corrección de la deficiencia de hierro en el cultivo del tomate, donde el fulvato de hierro a las dosis de 3, 4, y 5 $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$, corrigieron adecuadamente la deficiencia de hierro. Además la dosis de 5 $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ produjo el mayor crecimiento de la planta, al romper el hábito de crecimiento determinado, pero el rendimiento fue menor. La mejor calidad de fruto, se obtuvo con 3 y 4 $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro, al igual que la mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y de hierro. El mayor rendimiento fue para el Sequestrene 330 a la dosis de 1 g L^{-1} .

En otro experimento con fulvato de hierro y ácidos húmicos en tomate realizado bajo condiciones de invernadero por Cuevas (2001), se concluyó que el fulvato de hierro, al aplicarse solo, presentó un comportamiento similar a los quelatos comerciales (Sequestrene 138 y Sequestrene 330) en el control de la clorosis férrica. Sin embargo, las combinaciones de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro aplicado vía suelo o la aplicación vía foliar de 5 $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro, incrementaron significativamente la producción de fruta con calidad de exportación en suelo calcáreo y arena silica, superando a los quelatos comerciales.

Resultados similares fueron obtenidos por Mendieta (2001), cuando aplicaba $2 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de fulvato de hierro y $3.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de fulvato de hierro + $2 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de ácidos húmicos. La dosis de $2 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de fulvato de hierro produjo una mejor respuesta en cuanto a altura de planta y diámetro de cobertura, el testigo presentó un diámetro de tallo más grueso, la cantidad de materia seca de raíz y de follaje se obtuvo con la dosis de $3.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de fulvato de hierro.

Por otro lado, los tratamientos con nutrición a base de fulvato de hierro resultaron en un estado hídrico más favorable en relación a los quelatos comerciales. Fisiológicamente el estado interno del agua en la planta fue reflejado favorablemente en un potencial hídrico más negativo, un contenido relativo de agua adecuado, una transpiración más alta con una menor resistencia a la difusión de vapor de agua y una temperatura inferior a la del aire (Mendieta, 2001).

MATERIALES Y METODOS

Localización del sitio experimental

El trabajo experimental se estableció en el área de prácticas del Departamento de Horticultura localizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en terrenos con suelo predominantemente calcáreo, la institución esta ubicada en las coordenadas geográficas de 25° 22' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste; a una altura de 1743 metros sobre el nivel del mar.

Clima

El clima predominante es el B W ho y (X), (e) que de acuerdo a la clasificación modificada por Köpen equivale a un clima muy seco, semiárido con invierno fresco, extremo y verano cálido, con una precipitación media anual de 443 milímetros y una evaporación promedio de 2167 milímetros y una temperatura media anual de 16.6 °C.

Diseño experimental

Los tratamientos para este trabajo se distribuyeron en campo bajo un diseño de bloques al azar; en dos lotes A y B cada uno dividido en dos bloques (figura 3.1), el

experimento consto de 8 tratamientos con 4 repeticiones, lo que dio un total de 32 parcelas experimentales y se tomó un surco como unidad experimental. Los tratamientos se describen en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Tratamientos probados en el experimento.

No.	Tratamiento (Dosis ha ⁻¹)
1	5 L Fulvato de Fe
2	10 L Fulvato de Fe
3	15 L Fulvato de Fe
4	5 L Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
5	10 L Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
6	15 L Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
7	5 Kg Sequestrene 138†
8	Testigo sin Hierro*

†Testigo comercial.

*Testigo absoluto.

Se realizaron un total de 4 aplicaciones de fulvato de hierro solo y en combinación con ácido húmico, inyectándolos a través del sistema de riego.

Características de la unidad experimental

La unidad experimental consistió en un surco de 15 metros de largo y 1 m de separación entre cada uno de ellos, haciendo un área de 15 m² por parcela y un área total

de 500 m² en las 32 parcelas experimentales.

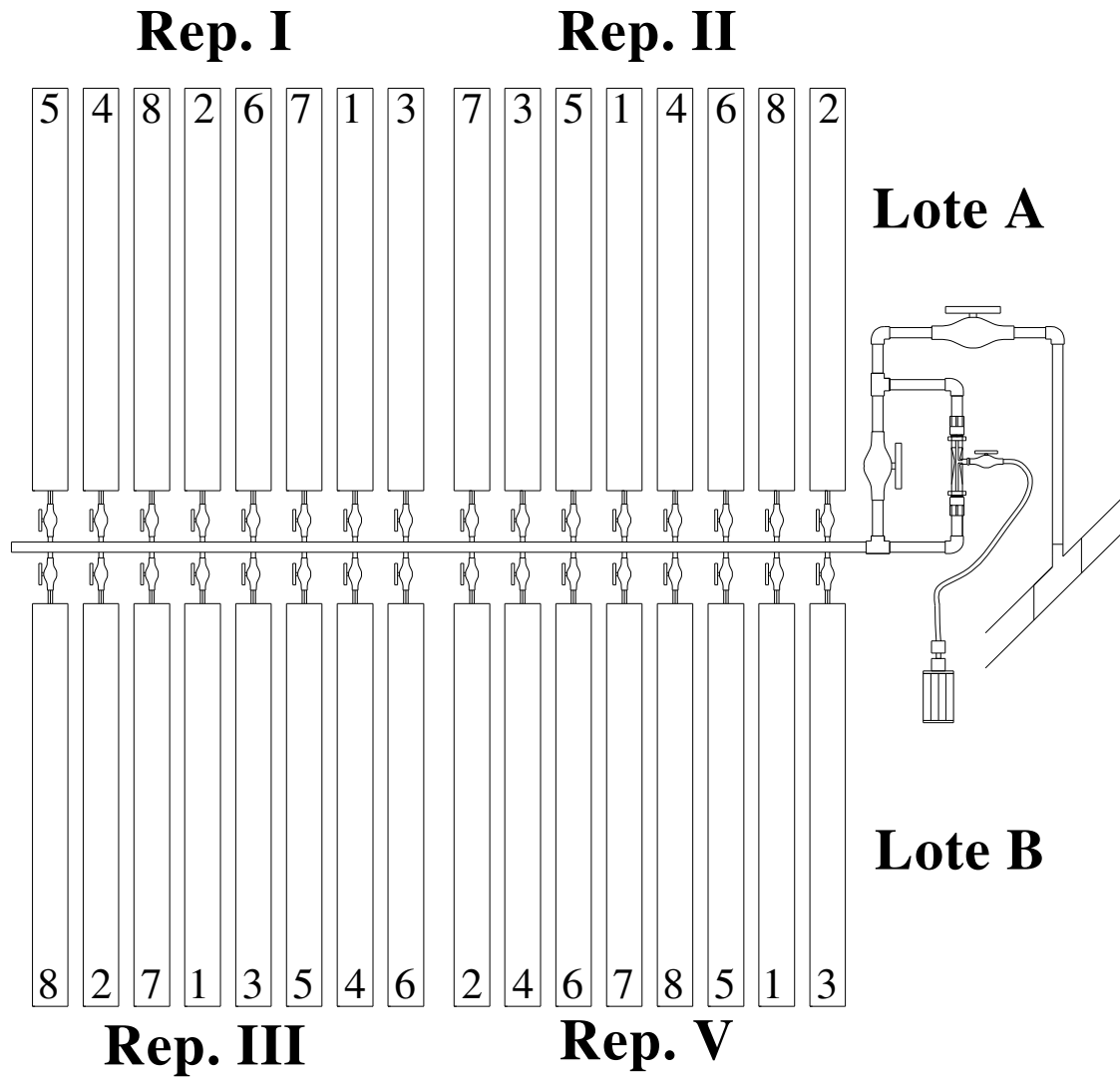


Figura 3.1. Croquis del experimento.

Manejo experimental

Obtención de las plantas

Las plantas se obtuvieron de la siembra de semilla de tomate variedad Floradade

en charolas de poliestireno, utilizando una mezcla de sustrato de Peat Moss y Perlita; las charolas se colocaron bajo condiciones de invernadero donde se les proporcionó el manejo requerido hasta que las plantas consiguieron un crecimiento adecuado para el trasplante.

Preparación del terreno

La preparación consistió en un barbecho, dos pasos de rastra en forma cruzada y finalmente la formación de los surcos con una separación de 1 m.

Dichas labores se realizaron durante la última semana del mes de marzo y la primera del mes de abril.

Trazo experimental en el campo

El trazo de las unidades experimentales se realizó en la segunda semana del mes de abril delimitando el área de los lotes experimentales, marcando el ancho y largo de la misma por medio de estacas y cordel.

Acolchado de suelo e instalación del sistema de riego

Estas actividades se realizaron manualmente, en las últimas dos semanas del mes de abril.

Se utilizó cinta de goteo Aqua Traxx calibre 4 mil (0.10 mm), con flujo de 0.34 GPM por 100 ft a 8 PSI (4.2 LPM por 100 m a 0.55 bar) y diámetro interior de 5/8 de pulgada (16 mm) con emisores espaciados a 12 pulgadas (30.5 cm), la instalación de la cinta se realizó a 2 cm de profundidad y ligeramente a un lado del centro de la cama para poder efectuar el transplante libremente. Estas cintas de goteo se conectaron a una manguera principal de 1 y 1/2 pulgada (3.81 cm) a la que previamente se le había instalado válvulas de 1/2 pulgada (1.27 cm). En la parte inicial de la manguera principal se instaló un filtro, con la finalidad de eliminar las impurezas que pudiera contener el agua de riego y así evitar taponamientos en el sistema.

Posteriormente las camas fueron cubiertas con el plástico negro, ajustando firmemente el acolchado plástico al suelo, pero sin llegar a romperlo, para evitar que los vientos pudieran levantarlo. Después de extender la película plástica sobre la cama fue perforada manualmente con un sacabocados de 2 pulgadas de diámetro (5 cm) a cada 36 cm de espaciamiento.

Transplante

El transplante se realizó el día 5 de mayo, para esto se utilizó planta de tomate variedad Floradade, producida en invernadero, libre de plagas y enfermedades; el transplante se realizó con mucho cuidado, a la profundidad adecuada y presionando firmemente el suelo para lograr un buen contacto de la raíz con el suelo. La separación entre plantas fue de 36 cm, colocando solamente una por punto, lo que nos dio un total de 41 plantas por surco. El transplante se realizó sobre suelo húmedo al observar la

“huella húmeda” tras la cinta de goteo a través de las perforaciones del acolchado plástico.

Estacado

Las plantas del experimento se apoyaron en espalderas bajo un sistema de estacado para guiar la planta verticalmente, para ello se colocaron los estacones a una distancia de 2 m entre si, se utilizaron estacones de 2 m de largo, además se emplearon estacas mas pequeñas para dar soporte a los estacones de las orillas, amarrando estos con cintas de deshecho. Posteriormente se colocó el primer hilo rafia cuando las plantas tenían una altura aproximada de 30 cm, mas tarde se utilizaron otros 3 hilos, según lo fue requiriendo el cultivo a una distancia entre hilos de 25 a 30 cm.

Podas

Se realizo un desbrote 3 semanas después del transplante, eliminando los brotes que salían por debajo de la primera horqueta de la planta; además cada 15 días aproximadamente se efectuó una poda de aclaración para desechar parte del follaje, principalmente en la parte inferior de la planta, eliminando con esto posibles problemas provocados por enfermedades fungosas.

Riego y fertilización

Los riegos se aplicaron en base a la humedad existente en el suelo, conforme lo requería el cultivo.

En cuanto a la aplicación de fertilizantes es importante aclarar que se realizaron vía fertirriego por medio de inyección tipo Vénturi y de acuerdo a los requerimientos de la planta, durante estas aplicaciones se llegó a proporcionar una dosis de 320.7 kg ha^{-1} de Nitrógeno, 156.9 kg ha^{-1} de Fósforo, 387.3 kg ha^{-1} de Potasio y 215.9 kg ha^{-1} de Calcio (Cuadro A.1). Se utilizó la misma dosis en todos y cada uno de los tratamientos, variando únicamente las aplicaciones de hierro las que se realizaron aplicando fulvato de hierro, ácidos húmicos y el quelato (Sequestrene 138).

Al momento de aplicar los productos por fertirriego, se presurizaba primero el sistema de riego incluyendo las cintas de goteo, para esto se iniciaba a regar por diez minutos aplicando agua solamente, pasado este tiempo se comenzaba la aplicación de los productos realizándola en un periodo de tiempo de aproximadamente 30 minutos, poco después se dejaba regando por otro período de 10 minutos para que el producto saliera completamente de las líneas de riego.

Para la dilución y aplicación de los fertilizantes se utilizó un tambo de 200 litros donde se añadían aproximadamente 67 litros de agua requeridos para diluir la mezcla de fertilizantes y se procedía a aplicarse, mediante un Vénturi de $3/4$ de pulgada (1.9 cm), a todo el lote experimental. Para hacer las aplicaciones de los tratamientos se tenía que

recurrir a usar una mochila aspersora, ya que el área de aplicación era muy pequeña para el funcionamiento del Vénturi; en el tanque de la aspersora se depositaban los productos para inyectarlos directamente a través del Vénturi, en este caso se aplicaba únicamente a un tratamiento con sus cuatro repeticiones y el tiempo de inyección era el mismo que para el fertilizante. La dosificación de los tratamientos se controlaba mediante la apertura o cierre de las válvulas de paso acopladas en la entrada de las líneas regantes.

Control de plagas y enfermedades

Debido a que durante la realización del experimento se presentó una serie de precipitaciones pluviales se recurrió principalmente a prevenir el posible ataque de enfermedades y controlar la presencia de las mismas con productos químicos existentes en el mercado. De manera general se puede decir que no se tuvieron daños importantes por esta causa.

Variables evaluadas

Rendimiento

Para evaluar esta variable se realizó un total de 20 cortes durante el tiempo que duró el experimento. El tomate cosechado se clasificó en base a su calidad para mercado de exportación (en tamaños de, 4x5, 5x5, 5x6, 6x6 y 6x7, denominándoseles así por el acomodo que tienen al ser empacados en su caja de cartón) y nacional. Además se cuantificó el producto de deshecho denominado rezaga, frutos pequeños o con algún tipo

de daño severo. Con la finalidad de tener la oportunidad de obtener rendimiento comerciable y rendimiento total (comerciable más rezaga).

Dentro de estas mismas categorías se contó el número de frutos y se pesaron para obtener el rendimiento.

Transpiración

Para medir esta variable se utilizó un Porómetro Li-Cor Li-1600, realizando mediciones durante todo el día desde el amanecer hasta el anochecer.

Resistencia estomatal

Para evaluar esta variable se utilizó el mismo equipo y procedimiento anterior.

Peso seco

Se colectaron 5 plantas completas (raíz y parte aérea) por tratamiento, para evaluar la acumulación de materia seca en la fase de producción, estas fueron secadas previamente en la estufa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Transpiración

Al adicionar 5 kg de sequestrene 138 y 10 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico, se presentaron los más altos valores de transpiración (Figura 4.1). Estos resultados difieren de los obtenidos por Mendieta (2001), el cual en un trabajo similar pero bajo condiciones de invernadero, encontró que la máxima transpiración sucede en los tratamientos en que predominan las dosis mas bajas de fulvato de hierro, además, encontró que al agregar quelatos comerciales de hierro (Sequestrene 138 y 330), la respuesta fue inferior en un 19 y 49 por ciento respectivamente. Esta diferencia se debe a que en “campo abierto”, la transpiración es afectada por todas las condiciones climáticas, mientras que en el invernadero se pudieron presentar únicamente temperaturas demasiado altas para las condiciones del cultivo, esto por ser un invernadero que no cuenta con un sistema de enfriamiento adecuado.

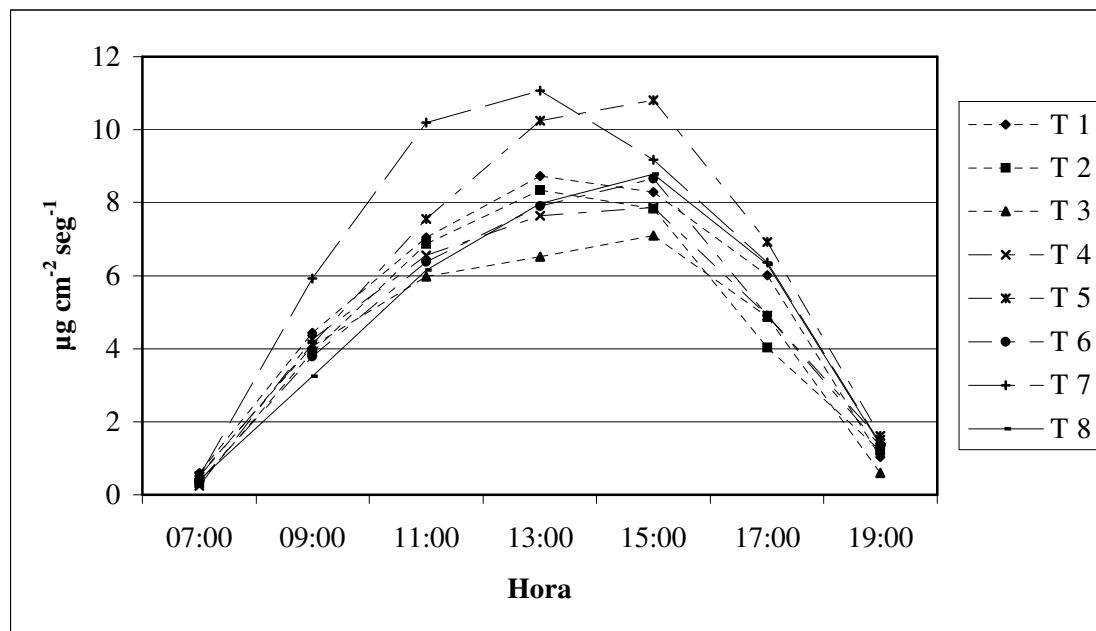


Figura 4.1. Transpiración durante un día en el cultivo de tomate bajo dos diferentes fuentes de hierro aplicadas vía fertirrigación.

Resistencia estomatal

El comportamiento de la resistencia a la difusión de vapor de agua de los tratamientos fue contrario a lo sucedido con la transpiración, debido principalmente a que su relación es de la misma naturaleza, por lo tanto se encontró que a la adición ya sea de 5 L de fulvato de hierro, 10 L de fulvato de hierro o de Sequestrene 138, promovieron a la planta la menor resistencia estomatal, mientras que la mayor resistencia se encontró en todos los demás tratamientos (Figura 4.2).

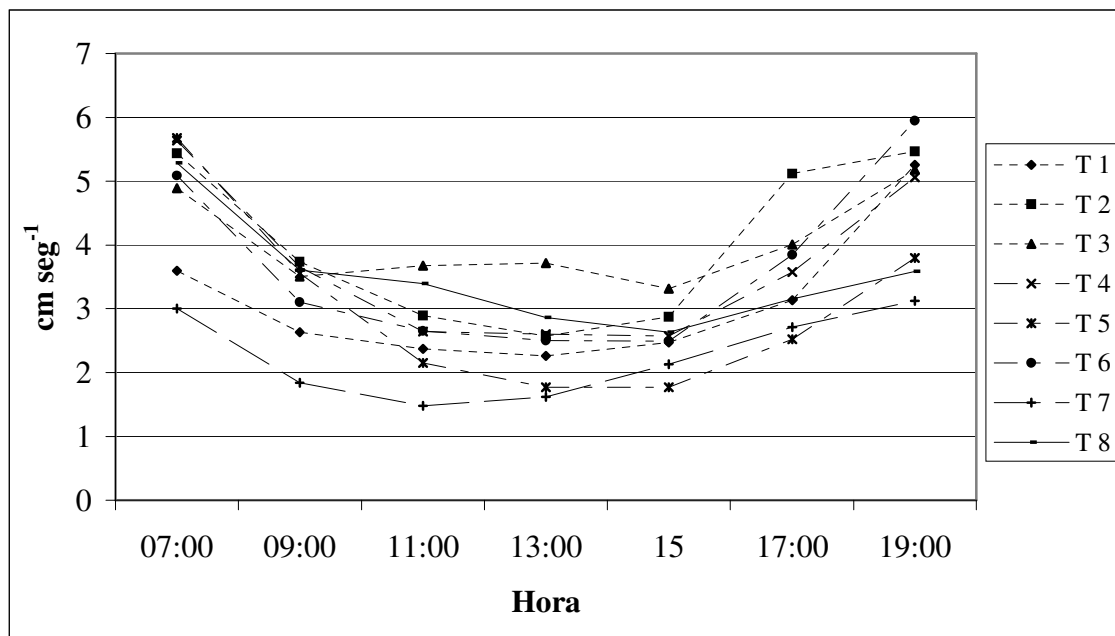


Figura 4.2. Resistencia estomatal durante un día en el cultivo de tomate bajo dos diferentes fuentes de hierro aplicadas vía fertirrigación.

Peso seco

El peso seco de follaje, raíz y de planta completa, mostraron diferencia significativa y coeficientes de variación de 10.95, 8.37 y 10.29, respectivamente (Cuadros A.2, A.4 y A.6, respectivamente). Al comparar las medias para peso seco de parte aérea, se encontró que al agregar 15 L de fulvato de hierro, esta variable fue superior al testigo en un 25 por ciento. Al adicionar 15 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico y 15 L de fulvato de hierro, el peso seco de raíz fue superior al testigo en un 21 y 19 por ciento respectivamente. En general, el mayor peso seco total de la planta fue al agregar el tratamiento de 15 L de fulvato de hierro, porque aventajó al testigo con un 25 por ciento (Cuadro 4.1). Estos resultados coinciden en parte con lo reportado por

Mendieta (2001), quien a pesar de no encontrar diferencia significativa, si observó un comportamiento superior con la aplicación de fulvato de hierro. Las sustancias húmicas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez - Andréu, *et al.* 1994).

Cuadro 4.1. Medias de peso seco de raíz, parte aérea y total en plantas de tomate tratadas con un fulvato de hierro.

Tratamientos (Dosis ha ⁻¹)	Peso (g)		
	Parte aérea*	Raíz *	Total *
1) 5 L Fulvato de Fe	136.50 ^{b†}	12.36 ^{ab}	148.86 ^b
2) 10 L Fulvato de Fe	141.90 ^{ab}	11.50 ^{ab}	153.40 ^{ab}
3) 15 L Fulvato de Fe	174.90 ^a	13.29 ^a	188.19 ^a
4) 5 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	146.64 ^{ab}	12.00 ^{ab}	158.64 ^{ab}
5) 10 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	144.40 ^{ab}	12.00 ^{ab}	156.40 ^{ab}
6) 15 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	154.27 ^{ab}	13.64 ^a	167.91 ^{ab}
7) 5 kg Sequestrene 138	149.27 ^{ab}	11.54 ^{ab}	160.81 ^{ab}
8) Testigo sin hierro	131.10 ^b	10.80 ^b	141.90 ^b

* : $p \leq 0.05$

† Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey ($p \leq 0.05$).

Rendimiento

En los análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa

en la calidad de exportación presentando un coeficiente de variación de 8.02 (Cuadro A.8). Al realizar la comparación de medias, los tratamientos de Sequestrene 138 y 15 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico, son estadísticamente superiores al testigo en un 32 y 24 por ciento respectivamente. Los tratamientos no realizaron ningún efecto significativo en el rendimiento de calidad para mercado nacional (Cuadro A.10), siendo el tratamiento de 15 L de fulvato de hierro el mejor tratamiento (Cuadro 4.2). En la producción de rezaga se encontró diferencia significativa con un coeficiente de variación de 17.66 (Cuadro A.12), pues el testigo se adelantó al agregar 5 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico. Por consiguiente el análisis realizado a las dos calidades en su conjunto (producción clase Comerciable), presentó diferencia altamente significativa mostrando un coeficiente de variación de 7.58 (Cuadro A.14) y los tratamientos de Sequestrene 138 y la dosis de 15 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico fueron superiores al testigo en un 28 y 22 por ciento respectivamente, indicados en el Cuadro 4.2. Finalmente, el análisis realizado a la cantidad de frutos totales presentó diferencia altamente significativa mostrando un coeficiente de variación de 7.51 (Cuadro A.16) y al hacer la comparación de medias, al aplicar el tratamiento de Sequestrene 138, este aventajó al testigo en un 24 por ciento (Cuadro 4.2).

En este trabajo, la producción de tomate fue superior con la adición de quelato de hierro Sequestrene 138, sin embargo, su efecto no fue diferente con relación a la dosis mas alta de fulvato de hierro más ácido húmico, esto coincide con Cuevas (2000), que encontró un efecto superior con la combinación de ácido húmico y fulvato de hierro, pero a la dosis intermedia.

Cuadro 4.2. Medias de rendimiento, en tomate tratado con un fulvato de hierro, por clase y rendimiento.

	Tratamiento (Dosis ha ⁻¹)	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)				
		Exportación **	Nacional ns	Rezaga *	Comercial **	Total **
1)	5 L Fulvato de Fe	50.76 ^{ab†}	14.58	5.40 ^{ab}	65.34 ^{ab}	70.72 ^{ab}
2)	10 L Fulvato de Fe	48.85 ^{ab}	13.43	5.12 ^{ab}	62.27 ^{ab}	67.40 ^{ab}
3)	15 L Fulvato de Fe	50.41 ^{ab}	15.11	6.36 ^{ab}	65.52 ^{ab}	71.88 ^{ab}
4)	5 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	49.46 ^{ab}	11.94	4.96 ^b	61.40 ^{ab}	66.36 ^{ab}
5)	10 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	47.96 ^{ab}	11.75	4.94 ^b	59.71 ^{ab}	64.65 ^{ab}
6)	15 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	52.37 ^a	14.54	6.10 ^{ab}	66.91 ^a	73.01 ^{ab}
7)	5 kg Sequestrene 138	58.57 ^a	13.55	6.27 ^{ab}	72.12 ^a	78.38 ^a
8)	Testigo sin hierro	40.07 ^b	12.01	7.48 ^a	52.08 ^b	59.56 ^b

*: p≤=0.05; **: p≤=0.01; ns: No significativo.

† Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey (p≤=0.05; p≤=0.01).

Adani *et al.* (1998) estudiaron como influía la aplicación de ácidos húmicos comerciales en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate; entre sus resultados encontraron que cuando se aplicaban ácidos húmicos de turba o leonardita al suelo se obtenía un incremento significativo en el contenido radicular de hierro, mejorando también la nutrición respecto a otros elementos como el nitrógeno, calcio o fósforo. Los autores llegaron a la conclusión de que el incremento en la concentración de hierro podría deberse a la reducción de Fe⁺³ a Fe⁺² por la presencia de los ácidos húmicos.

Frutos por planta.

Por otra parte en los análisis de varianza de frutos por planta se encontró diferencia altamente significativa en la calidad de exportación presentando un coeficiente de variación de 9.32 (Cuadro A.18); al realizar la comparación de medias, al agregar el quelato sintético Sequestrene 138, resulto ser superior estadísticamente al testigo en un 29 por ciento. (Cuadro 4.3).

En cuanto a la calidad para mercado nacional presentó diferencia significativa con un coeficiente de variación de 13.21 (Cuadro A.20) para este caso el tratamiento de 15 lts de Fulvato de hierro fue estadísticamente superior al testigo en un 31 por ciento (Cuadro 4.3). Por consiguiente el análisis realizado a las dos calidades en su conjunto (Frutos clase Comerciable), presentó diferencia altamente significativa mostrando un coeficiente de variación de 8.77 (Cuadro A.24) y los tratamientos de 15 L de fulvato de hierro solo y en combinación con 5 L de ácido húmico, y el Sequestrene 138 fueron superiores al testigo alrededor de un 25 por ciento, indicados en el Cuadro 4.3. Por otro lado en la rezaga no se encontró diferencia significativa (Cuadro A.22), sin embargo, el testigo rindió la mayor cantidad de fruta dañada (Cuadro 4.3). El análisis realizado a la cantidad de frutos totales no presentó diferencia significativa mostrando un coeficiente de variación de 8.82 (cuadro A.26).

Cuadro 4.3. Medias de frutos por planta, en tomate tratado con un fulvato de hierro, por clase y total.

Tratamiento (Dosis ha ⁻¹)	Frutos por planta				
	Exportación **	Nacional *	Rezaga ns	Comercial **	Total ns
1) 5 L Fulvato de Fe	15.21 ^{ab†}	6.74 ^{ab}	6.77	21.95 ^{ab}	28.72
2) 10 L Fulvato de Fe	14.77 ^{ab}	6.08 ^{ab}	6.61	20.85 ^{ab}	27.46
3) 15 L Fulvato de Fe	15.45 ^{ab}	7.26 ^a	7.42	22.71 ^a	30.13
4) 5 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	14.39 ^{ab}	5.84 ^{ab}	6.02	20.23 ^{ab}	26.26
5) 10 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	13.96 ^{ab}	5.66 ^{ab}	5.92	19.62 ^{ab}	25.54
6) 15 L Fulvato de Fe + 5 L Ác. Húmico	15.81 ^{ab}	6.87 ^{ab}	6.93	22.68 ^a	29.61
7) 5 kg Sequestrene 138	16.87 ^a	5.83 ^{ab}	7.05	22.70 ^a	29.74
8) Testigo sin hierro	12.02 ^b	4.99 ^b	7.55	17.02 ^b	24.57

* : p≤0.05; ** : p≤0.01; ns: No significativo.

†Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey (p≤0.05; p≤0.01).

En general, en todos los tratamientos la clorosis fue controlada eficazmente, excepto en el testigo que presentó signos visuales de clorosis muy severa, sin embargo el análisis de tejido vegetal de follaje, presentó una alta concentración de hierro con 243 ppm (Figura 4.3). Esto coincide con Marschner (1995), el cual comenta que en muchas ocasiones el contenido de hierro 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 fósforo o de distintas formas de nitrógeno en suelos calizos o por limitaciones que se producen en el crecimiento vegetal.

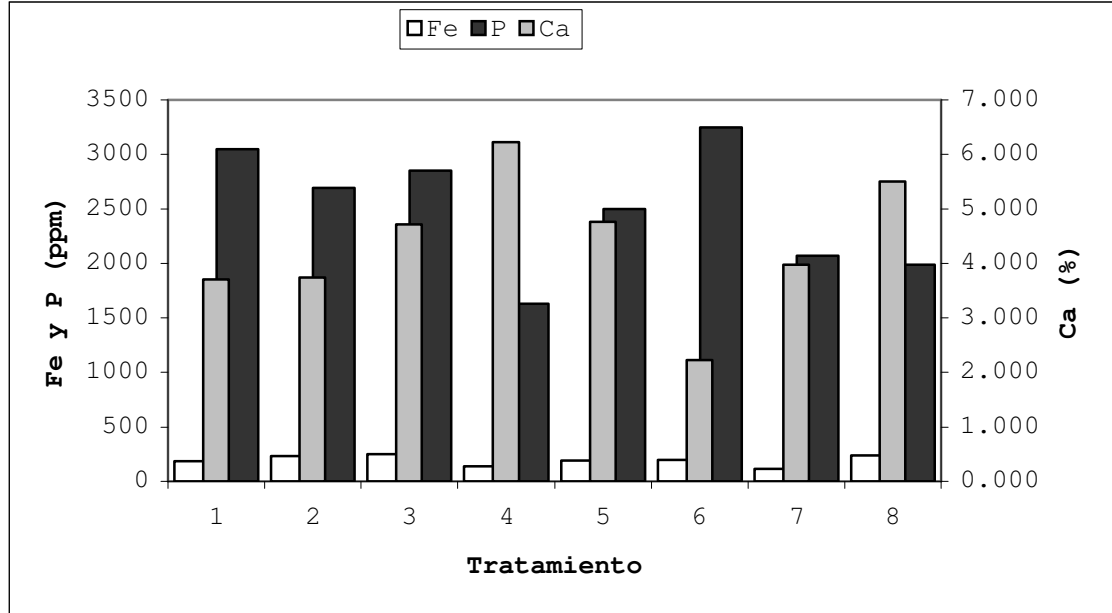


Figura 4.3. Contenido foliar de hierro, calcio y fósforo, durante la etapa de producción de tomate tratado con un fulvato de hierro.

CONCLUSIONES

La tasa de transpiración superior y la resistencia estomatal más inferior, fueron con la adición del Sequestrene 138 y el Fulvato de hierro combinado con ácido húmico.

El peso seco mayor de la planta se presentó al aplicar el fulvato de hierro pues superó al quelato sintético y al testigo sin hierro.

El fulvato de hierro y el Sequestrene 138 incrementaron significativamente la producción para exportación en comparación al testigo sin hierro. Con Fulvato de hierro se cosecharon alrededor de 52 Ton ha⁻¹ mientras que con el quelato de hierro sintético los rendimientos fueron del orden de las 59 Ton ha⁻¹, en contraste el testigo sin hierro produjo 40 Ton ha⁻¹.

Las dosis de Fulvato de hierro no promovieron una respuesta significativa en el cultivo de tomate; al incrementar la dosis de 5 a 15 L ha⁻¹ no se incrementó el rendimiento, ya que las diferencias estadísticamente significativas que se observaron fueron entre las fuentes de hierro.

La combinación de Fulvato de hierro con ácidos húmicos tendió a confundir la respuesta, no estimuló incrementos significativos en los rendimientos.

El sequestrene 138 tomado como “testigo comercial” demostró su efectividad en la nutrición férrica del tomate y la dosis probada fue casi igualada por el fulvato de hierro.

LITERATURA CITADA

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., Zocchi, G. 1998. The effect of comercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutrition* 21 (3):561-575.
- Andre, L. 1988. Los microelementos en la agricultura. Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-prensa. Madrid.
- 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.
- Ayed, I. A. 1970. A Study of the Mobilización of Iron in Tomato Roots By Chelate Treataments. *Plant Soil*. 32: p(18-26)
- Banco de Comercio Exterior. 2001. Clasificación de las exportaciones de tomate a estados unidos. Secretaria de Economía.
- Bennet, W. F. 1993. Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. ed. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. p (138-139).
- Cadahía L, C., E. Eymer A. Y J.J. Lucena M. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. In: *Fertirrigación, Cultivos hortícolas y ornamentales*. Ed. Cadahia L, C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. Pp. 99-111.
- Cepeda D.J.M. 1991. Química de Suelos. Segunda Edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. México, D.F.
- Chen, Y. And T. Avied. 1985. Effects of Humics Substances on Plant Growth. *Soil Science*. p(161-186). U.S.A.
- Choudhry, G. G. 1984. Humic Substances. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Cuevas, P. A. 2001. Control de la clorosis férrica en tomate por fulvato de hierro. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- David, P. P., P. V. Nelson and D. A. Sanders. 1994. A humic acid improves Growth of tomato seedling in soluti3n culture. *Journal of Plant Nutrition*. 17(1): 173-184.

- Fagbenro, J. A. and A. A. Agboola. 1993. Effect of different levels of humic acid On the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 16(8): 1465-1483. U.S.A.
- FAO-UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Reference and Information Centre. Rome, Italy.
- González, R. E. 1999. Evaluación del superquelato de hierro (Fe) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de hidroponía. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Horn, R., H. Taubner, M. Wuttke, T. Baumgartl. 1994. Soil physical properties related to soil structure. *Soil and Tillage Research* 30: 187-216.
- Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing. U.S.A.
- Loué, A. 1988. *Los Microelementos en la Agricultura*. 1ª. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2th edition. Academic Press Inc. London.
- Mendieta E, J. 2001. Relaciones hídricas y fulvato de hierro en tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). Tesis de Mestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 48-63.
- Mengel, K. And E. A. Kirkby. 2001. *Principles Of Plant Nutrition*. 5th ed. Kluwer Dordrecht, Netherlands. pp. 425-437.
- Narro, F., E. 1994. *Física de Suelos. Con Enfoque Agrícola*. Editorial Trillas. México. P. 23-28.
- Olsen, R.A., R.B, Clark and J.H. Bennett. 1981. The enhancement of soil fertility by plant roots. *Am. Sci.* 69:378-384.
- Piccolo, A., and J. S. C. Mbagw. 1990. Effects of Humic Substances and Surfactants on the Stability of Soli Aggregates. *Soil Science*, Vol. 147, N° 1, Pags. 47-54.
- Sánchez – Andréu J., Jorda, J., Juarez, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility *Acta Horticulturae*. 357:303-313.
- Sequi, P. 1978. *Humic Substances: General Influences on Soil fertility*. Golden West, chemical distributors, Inc. Merced California. P(1-10).

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

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

Visser, S. A. 1986. *Humic substances. Effect on soil and plants*. REDA. Rome.

APENDICE

Cuadro A.1. Fertilización y riegos aplicados.

Fecha	Precipitación (mm)	Riego (m ³ ha ⁻¹)	Nutrientos (Unidades)			
			N	P	K	Ca
04-May-00		252.00				
06-May-00		50.40				
07-May-00	*	25.20				
09-May-00		25.20				
11-May-00		25.20				
14-May-00		25.20				
17-May-00		25.20				
19-May-00	*	25.20				
20-May-00	*					
21-May-00		25.20	14.80	7.30	13.80	11.40
22-May-00	*					
23-May-00		25.20				
25-May-00		25.20	14.80	7.30	13.80	11.40
26-May-00	4.90					
27-May-00	8.00					
28-May-00	7.80					
29-May-00		25.20	14.80	7.30	13.80	11.40
31-May-00	9.30					
01-Jun-00	*					
02-Jun-00	*	25.20	14.80	7.30	13.80	11.40
03-Jun-00	*					
04-Jun-00	6.40					
05-Jun-00	2.00	25.20				
06-Jun-00	3.00					
07-Jun-00	1.10	50.40	16.60	8.30	16.60	12.40
08-Jun-00	2.40					
09-Jun-00	*					
10-Jun-00	1.10					
12-Jun-00		50.40	16.60	8.30	16.60	12.40
13-Jun-00	8.40					
14-Jun-00	17.5					
17-Jun-00		25.20	17.00	10.40	16.60	12.40
18-Jun-00	31.2					
20-Jun-00		50.40				
21-Jun-00	*	88.20	17.00	10.40	16.60	12.40
22-Jun-00	2.9					
23-Jun-00	*					
24-Jun-00		100.80				
26-Jun-00		100.80	17.00	10.40	16.60	12.40
27-Jun-00	*	63.00				
28-Jun-00	5.70					
29-Jun-00		25.2	17.00	10.40	16.60	12.40

Cuadro A.1. Continuación.....

Fecha	Precipitación (mm)	Riego (m ³ ha ⁻¹)	Nutrimentos (Unidades)			
			N	P	K	Ca
30-Jun-00		75.60				
01-Jul-00	*	50.40	17.00	10.40	16.60	12.40
02-Jul-00		100.80				
03-Jul-00	9.70					
04-Jul-00	24.40	25.20	19.40	10.40	27.60	11.40
06-Jul-00	*	75.60				
07-Jul-00	3.00					
08-Jul-00	*	75.60				
10-Jul-00	8.00	75.60	25.60	12.20	36.80	15.20
11-Jul-00						
12-Jul-00	*	75.60				
13-Jul-00	*					
14-Jul-00		75.60	17.10	6.10	27.60	9.50
16-Jul-00		75.60				
18-Jul-00	*	75.60	17.10	6.10	27.60	9.50
19-Jul-00	*					
20-Jul-00		50.40				
22-Jul-00		50.40				
23-Jul-00	2.30					
24-Jul-00	*					
25-Jul-00		50.40	17.10	6.10	27.60	9.50
26-Jul-00	1.30					
28-Jul-00	7.30					
29-Jul-00		50.40				
30-Jul-00	2.70					
01-Ago-00		50.40	15.70	6.10	23.00	9.50
02-Ago-00	11.70					
03-Ago-00	4.60					
04-Ago-00	7.00					
05-Ago-00	*					
07-Ago-00		75.60	15.70	6.10	23.00	9.50
08-Ago-00	11.30					
10-Ago-00		75.60				
11-Ago-00						
12-Ago-00		50.40	15.70	6.10	23.00	9.50
14-Ago-00	8.50					
15-Ago-00	9.70					
17-Ago-00		75.60				
19-Ago-00						
20-Ago-00	3.00					
21-Ago-00	7.60					
22-Ago-00	7.20					
24-Ago-00	*					
Total	241	2,469.60	320.70	156.90	387.30	215.90

Cuadro A.2. Análisis de varianza de peso seco de follaje de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	4925.27470880	703.61067269	2.70	0.0366
REP	3	258.66663737	86.22221246	0.33	0.8030
Error	21	5470.09940195	260.48092390		
Total	31	10654.04074812			
C.V.= 10.95143					

Cuadro A.3. Medias de peso seco de follaje de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Peso (g)
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)	
3	Fulvato de hierro	15	174.90 A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	154.27 A B
7	Sequestrene 138	5*	149.27 A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	146.64 A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	144.40 A B
2	Fulvato de hierro	10	141.90 A B
1	Fulvato de hierro	5	136.50 A B
8	Testigo	---	131.10 B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro 4-A. Análisis de varianza de peso seco de raíz de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	24.83397188	3.54771027	3.43	0.0132
REP	3	3.13678438	1.04559479	1.01	0.4074
Error	21	21.71179062	1.03389479		
Total	31	49.68254688			

C.V.= 8.374160

Cuadro A.5. Medias de peso seco de raíz de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Peso (g)
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)	
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	13.6375 A †
3	Fulvato de hierro	15	13.2900 A
1	Fulvato de hierro	5	12.3625 A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	12.0025 A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	12.0000 A B
7	Sequestrene 138	5*	11.5425 A B
2	Fulvato de hierro	10	11.2000 A B
8	Testigo	---	10.8025 B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.6. Análisis de varianza de peso seco total en plantas de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	5464.97327187	780.71046741	2.90	0.0276
REP	3	250.97733437	83.65911146	0.31	0.8175
Error	21	5657.87239062	269.42249479		
Total	31	11373.82299687			
C.V.= 10.28998					

Cuadro A.7. Medias de peso seco total en plantas de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Peso (g)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
3	Fulvato de hierro	15	188.19	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	167.91	A B
7	Sequestrene 138	5*	160.82	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	158.64	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	156.40	A B
2	Fulvato de hierro	10	153.40	A B
1	Fulvato de hierro	5	148.87	B
8	Testigo	---	141.90	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.8. Análisis de varianza de Rendimiento de tomate cosechado calidad de exportación al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	735.51356328	105.07336618	6.58	0.0003
REP	3	2050.01916670	683.33972223	42.82	0.0001
Error	21	335.11581829	15.95789611		
Total	31	3120.64854826			
C.V.= 8.020655					

Cuadro A.9. Medias de Rendimiento de tomate cosechado calidad de exportación al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
7	Sequestrene 138	5*	58.567	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	52.370	A
1	Fulvato de hierro	5	50.759	A B
3	Fulvato de hierro	15	50.412	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	49.460	A B
2	Fulvato de hierro	10	48.847	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	47.962	A B
8	Testigo	---	40.068	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 05 %).

Cuadro A.10. Análisis de varianza de Rendimiento de tomate cosechado calidad nacional al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	49.62808064	7.08972581	2.65	0.0397
REP	3	109.98477254	36.66159085	13.68	0.0001
Error	21	56.27689639	2.67985221		
Total	31	215.88974957			

C.V.= 12.25121

Cuadro A.11. Medias de Rendimiento de tomate cosechado calidad nacional al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
3	Fulvato de hierro	15	15.109	A †
1	Fulvato de hierro	5	14.576	A
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	14.539	A
7	Sequestrene 138	5*	13.550	A
2	Fulvato de hierro	10	13.426	A
8	Testigo	---	12.012	A
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	11.937	A
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	11.748	A

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.12. Análisis de varianza de Rendimiento de tomate de rezaga cosechado al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	21.99977981	3.14282569	2.97	0.0250
REP	3	6.76462856	2.25487619	2.13	0.1268
Error	21	22.23115404	1.05862638		
Total	31	50.99556241			

C.V.= 17.65603

Cuadro A.13. Medias de Rendimiento de tomate de rezaga cosechado al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
8	Testigo	---	7.4808	A †
3	Fulvato de hierro	15	6.3560	A B
7	Sequestrene 138	5*	6.2666	A B
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	6.0966	A B
1	Fulvato de hierro	5	5.3960	A B
2	Fulvato de hierro	10	5.1246	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	4.9642	B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	4.9350	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.14. Análisis de varianza de Rendimiento de tomate comerciable cosechado al adicionar un fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	972.63278455	138.94754065	6.06	0.0006
REP	3	3041.24014005	1013.74671335	44.21	0.0001
Error	21	481.54786945	22.93085093		
Total	31	4495.42079406			
C.V.= 7.580796					

Cuadro A.15. Medias de Rendimiento de tomate comerciable cosechado al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
7	Sequestrene 138	5*	72.118	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	66.909	A
3	Fulvato de hierro	15	65.521	A B
1	Fulvato de hierro	5	65.335	A B
2	Fulvato de hierro	10	62.273	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	61.397	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	59.710	A B
8	Testigo	---	52.080	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.16. Análisis de varianza de Rendimiento de tomate total cosechado al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	931.89167860	133.12738266	4.95	0.0020
REP	3	3314.16731313	1104.72243771	41.10	0.0001
Error	21	564.42786551	26.87751741		
Total	31	4810.48685725			
C.V.= 7.514080					

Cuadro A.17. Medias de Rendimiento de tomate total cosechado al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
7	Sequestrene 138	5*	78.384	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	73.005	AB
3	Fulvato de hierro	15	71.877	A B
1	Fulvato de hierro	5	70.731	A B
2	Fulvato de hierro	10	67.398	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	66.361	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	64.645	A B
8	Testigo	---	59.561	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.18. Análisis de varianza de Frutos por planta de tomate calidad de exportación, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	57.97408310	8.28201187	4.34	0.0041
REP	3	193.50423253	64.50141084	33.82	0.0001
Error	21	40.05651718	1.90745320		
Total	31	291.53483281			

C.V.= 9.325652

Cuadro A.19. Medias de Frutos por planta de tomate calidad de exportación, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Frutos por Planta	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
7	Sequestrene 138	5*	16.8698	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	15.8061	A B
3	Fulvato de hierro	15	15.4513	A B
1	Fulvato de hierro	5	15.2103	A B
2	Fulvato de hierro	10	14.7718	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	14.3892	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	13.9598	A B
8	Testigo	---	12.0197	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 05 %).

Cuadro A.20. Análisis de varianza de Frutos por planta de tomate calidad nacional, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	15.48469335	2.21209905	3.34	0.0149
REP	3	25.03614747	8.34538249	12.61	0.0001
Error	21	13.89660909	0.66174329		
Total	31	54.41744990			

C.V.= 13.20840

Cuadro A.21. Medias de Frutos por planta de tomate calidad nacional, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Frutos por Planta	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
3	Fulvato de hierro	15	7.2582	A †
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	6.8724	A B
1	Fulvato de hierro	5	6.7361	A B
2	Fulvato de hierro	10	6.0794	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	5.8430	A B
7	Sequestrene 138	5*	5.8267	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	5.6593	A B
8	Testigo	---	4.9952	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.22. Análisis de varianza de Frutos de rezaga por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	9.74941134	1.39277305	1.18	0.3571
REP	3	8.12871154	2.70957051	2.29	0.1078
Error	21	24.84913287	1.18329204		
Total	31	42.72725575			
C.V.= 16.03115					

Cuadro A.23. Medias de Frutos de Rezaga por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Frutos por Planta	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
8	Testigo	---	7.5536	A †
3	Fulvato de hierro	15	7.4208	A
7	Sequestrene 138	5*	7.0476	A
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	6.9286	A
1	Fulvato de hierro	5	6.7738	A
2	Fulvato de hierro	10	6.6131	A
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	6.0238	A
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	5.9226	A

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.24. Análisis de varianza de Frutos Comerciables por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	111.62268710	15.94609816	4.72	0.0026
REP	3	342.03948089	114.01316030	33.74	0.0001
Error	21	70.96578436	3.37932306		
Total	31	524.62795235			

C.V.= 8.766918

Cuadro A.25. Medias de Frutos Comerciables por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Frutos por Planta	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
3	Fulvato de hierro	15	22.710	A †
7	Sequestrene 138	5*	22.696	A
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	22.679	A
1	Fulvato de hierro	5	21.946	A
2	Fulvato de hierro	10	20.851	A B
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	20.232	A B
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	19.619	A B
8	Testigo	---	17.015	B

* L ha⁻¹

† Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).

Cuadro A.26. Análisis de varianza de Frutos Totales por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
TRAT	7	125.38135645	17.91162235	2.99	0.0242
REP	3	417.74347939	139.24782646	23.25	0.0001
Error	21	125.78202828	5.98962039		
Total	31	668.90686412			

C.V.= 8.818075

Cuadro A.27. Medias de Frutos Totales por planta de tomate, al adicionar un Fulvato de hierro.

Tratamientos			Frutos por Planta	
No.	Productos	Dosis (L ha ⁻¹)		
3	Fulvato de hierro	15	30.130	A †
7	Sequestrene 138	5*	29.744	A
6	Fulvato de hierro + Ácido húmico	15 + 5	29.607	A
1	Fulvato de hierro	5	28.720	A
2	Fulvato de hierro	10	27.464	A
4	Fulvato de hierro + Ácido húmico	5 + 5	26.256	A
5	Fulvato de hierro + Ácido húmico	10 + 5	25.542	A
8	Testigo	---	24.568	A

*L ha⁻¹

†Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey 5%).