

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

## Iron fulvate effect in tomato yield, in field under fertigation

Alfonso **Reyes-López**<sup>1</sup>, Adolfo Gustavo **Moreno-Monsivais**<sup>2</sup>, Reynaldo **Alonso-Velasco**<sup>1</sup>, Marco Antonio **Bustamante-García**<sup>1</sup>, Leobardo **Bañuelos-Herrera**<sup>1</sup>, Gregorio **Briones-Sánchez**<sup>2</sup>, Rubén **López-Cervantes**<sup>3</sup>, Evangelina **Rodríguez-Solis**<sup>1</sup>

E-mail: reyeslopez@prodigy.net.mx

<sup>1</sup>Depto. de Horticultura. <sup>2</sup>Depto. de Riego y Drenaje. <sup>3</sup>Depto. de Ciencias del Suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coah., México. C.P. 25315.

### Abstract

With the aim to know the Iron fulvate effect in tomato yield and physiological variables, tomatoes plants cv. Floradade growing in irrigation farming were applied, by a fertigation equipment type ventury 5, 10 and 15 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate, 5, 10 and 15 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate more 5 L ha<sup>-1</sup> of humic acid, a Sequestrene 138 dose as relative control and the absolute control. The variables measures were: transpiration, stomata 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 out market yield. The leaf transpiration was increased when Sequestrene 138 or 10 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate + 5 L ha<sup>-1</sup> of humic acid were applied. The lower stomata resistance was observed on the plants treated with whether 5 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate, 10 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate and 5 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene 138. The higher total dry weight in the plants was attained with the treatment 15 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate, which at 25 % more dry weight compared with the absolute control (no iron). With 5 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene 138 or with, 15 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate + 5 L ha<sup>-1</sup> of humic acid, gave better yields of fruits for exportation and productions were increased in a 32 and 24 percent compared with control respectively. Also, the Sequestrene 138 and 15 L ha<sup>-1</sup> of iron fulvate + 5 L ha<sup>-1</sup> of humic acid, raised the amount of exportation quality fruits per plant in around 27 % in contrast with control. The amount of fruits for national market was high in the plants treated with 15 L ha<sup>-1</sup> of iron Fulvate alone and their yield surpassed the control in a 45 %. The iron fulvate combined with humic acid gave a response very similar to that observed in plants treated with iron chelate, whose effect was notable on tomato growth and in the production increase with exportation quality.

**Key words:** Floradade, quality, yield response, dry weight, transpiration, stomata resistance

## Resumen

Con el objetivo de determinar el efecto de un fulvato de hierro en el crecimiento de tomate cv. Floradade, en un campo con fertirriego se aplicaron a) 5, 10 y 15 L ha<sup>-1</sup> (litros por hectárea) de fulvato de Fe; b) 5, 10 y 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de Fe + 5 L ha<sup>-1</sup> ácido húmico; c) como testigo relativo 5 L ha<sup>-1</sup> de Sequestrene 138 y d) un testigo absoluto. Las variables medidas fueron: transpiración, resistencia estomatal, peso seco de raíz y parte aérea, número de frutos por planta y el rendimiento. Los frutos se clasificaron para mercado de exportación, nacional y rezaga. La aplicación de sequestrene 138 y 10 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de hierro + 5 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico, provocó los valores más altos de transpiración de agua evaporada. La aplicación de 5 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de hierro, 10 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de hierro y Sequestrene 138, presentó la menor resistencia estomatal. El mayor peso seco total de la planta se registro con el tratamiento de 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de hierro, porque aventajó al testigo testigo en 25 %. El Sequestrene 138 y 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de Fe + 5 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico, superaron en rendimiento de exportación al testigo, en un 32 y 24 %, respectivamente. En la cantidad de frutos por planta de calidad de exportación; la aplicación de Sequestrene 138 y 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de Fe + 5 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico, superaron al testigo en aproximadamente un 27 %. El fulvato de hierro, en combinación con ácido húmico, provocó un efecto muy similar al del quelato sintético de hierro sobre el crecimiento del tomate, e incrementó la producción para exportación.

**Palabras clave:** Floradade, calidad, rendimiento, peso seco, transpiración, resistencia estomatal

## Introducción

En México, el tomate ocupa un lugar preponderante en el desarrollo económico, ya que en el año 2000 el volumen que se exportó a Estados Unidos fue de 689,900 t, lo cual representó un valor total de 466.1 millones de dólares (BCE, 2001), sin embargo, dentro los sistemas de producción es necesario implementar nuevas técnicas en el manejo de los cultivos y dentro de ellas una parte fundamental resulta ser, sin duda, la nutrición del tomate.

Entre los microelementos de mayor importancia para el tomate se encuentra el hierro, ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila, además de formar parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis. Sin embargo, el hierro inorgánico es un elemento altamente inestable en el suelo y tiende a fijarse en los suelos calcáreos, lo cual provoca el problema conocido como clorosis férrica, debido a la falta de producción de clorofila en las hojas jóvenes. En muchas especies vegetales, la clorosis es intervenal, y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, donde las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillo (Mengel y Kirkby, 2001).

En la actualidad, existen diferentes productos para corregir las carencias de hierro, que pueden aplicarse vía foliar o a través del riego por goteo. A estos productos

se les conoce como quelatos de hierro (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.); en términos generales el quelato es una molécula orgánica que rodea y enlaza en varios puntos a un ion metálico, protegiéndolo de cualquier acción externa, evitando su hidrólisis y precipitación (Cadaña *et al.*, 1998). Sin embargo, aunque los quelatos resultan muy efectivos para la corrección de deficiencias de hierro en los cultivos, se requiere aplicar en dosis muy altas y como su costo es muy elevado, esto provoca que se incrementen los costos de producción.

En la producción de hortalizas, una de las tendencias mundiales, es emplear otros productos orgánicos; obtenidos a partir de la descomposición o degradación de la materia orgánica debido a la acción enzimática de macro y microorganismos, es decir, la humificación; ésta es un proceso evolutivo de la materia orgánica, mediante el cual se modifican los residuos orgánicos, debido a la síntesis de los organismos del suelo, lo que produce un conjunto de compuestos estables de color oscuro o negrozco, amorfo y coloidal, denominado humus. Este compuesto está constituido por huminas residuales, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, a los que se les atribuyen una serie de ventajas en la producción de cultivos, aunque se destaca que facilitan la asimilación de nutrientes por la planta, lo cual permite a los agricultores obtener mayores rendimientos sin alterar el medio ambiente

En este sentido, los ácidos fúlvicos han despertado el interés de los productores, porque entre sus múltiples beneficios posibilitan un mejor aprovechamiento de los elementos contenidos en los fertilizantes, además, de estimular el crecimiento general de la planta, lo cual se traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas

Al tomar en cuenta la importancia del hierro en el cultivo de tomate y los altos costos de los productos sintéticos (quelatos) en el mercado, se hace necesario el estudio de las respuestas que causan en “campo abierto” otras fuentes alternativas más accesibles para los productores.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un fulvato de hierro en el rendimiento y variables fisiológicas de tomate, cultivado en campo con fertirriego.

## **Metodología Experimental**

**El trabajo se realizó en un área del campo experimental, en la sede de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, ubicada a los 25° 23’ de Latitud Norte, 101° 00’ de Longitud Oeste y a una altitud de 1,743 m. Se usó el cultivar Floradade de hábito de crecimiento determinado. Las plántulas se obtuvieron de la siembra de semillas en charolas de poliestireno de 200 cavidades rellenas con una mezcla de “perlita” y Peat moss, en invernadero. Cuando las plántulas presentaron de tres a cuatro hojas verdaderas (15 a 20 cm) fueron transplantadas, bajo un sistema de estacado, en surcos de 15 m de largo con acolchado (plástico negro). La separación entre plantas fue de 36 cm y entre surcos de**

1 m y los tratamientos (Cuadro 1) fueron aplicados por surco el cual contenía 42 plantas.

La dosis de fertilización aplicada fue de 320.7, 156.9, 387.3 y 215.9 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio respectivamente, vía fertirriego. Para esto se empleó un venturi de 19 mm y su distribución fue a través de cintas de goteo Aqua Traxx calibre 4,000, con flujo de 0.34 GPM por 100 ft. A 4.2 LPM por 100 m a 0.55 bar, diámetro interior de 16 mm y con emisores espaciados a 30.5 cm. Los tratamientos fueron aplicados con mochila aspersora.

**Cuadro 1.** Tratamientos aplicados en el experimento.

<i>No. Tratamiento</i>	<i>Dosis (L ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Productos aplicados</i>
1	5	Fulvato de Fe
2	10	Fulvato de Fe
3	15	Fulvato de Fe
4	5	Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
5	10	Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
6	15	Fulvato de Fe + 5 L Acido Húmico
7	5 kg	Sequestrene 138 <sup>1</sup>
8		Testigo sin hierro <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Testigo comercial: <sup>2</sup>Testigo absoluto

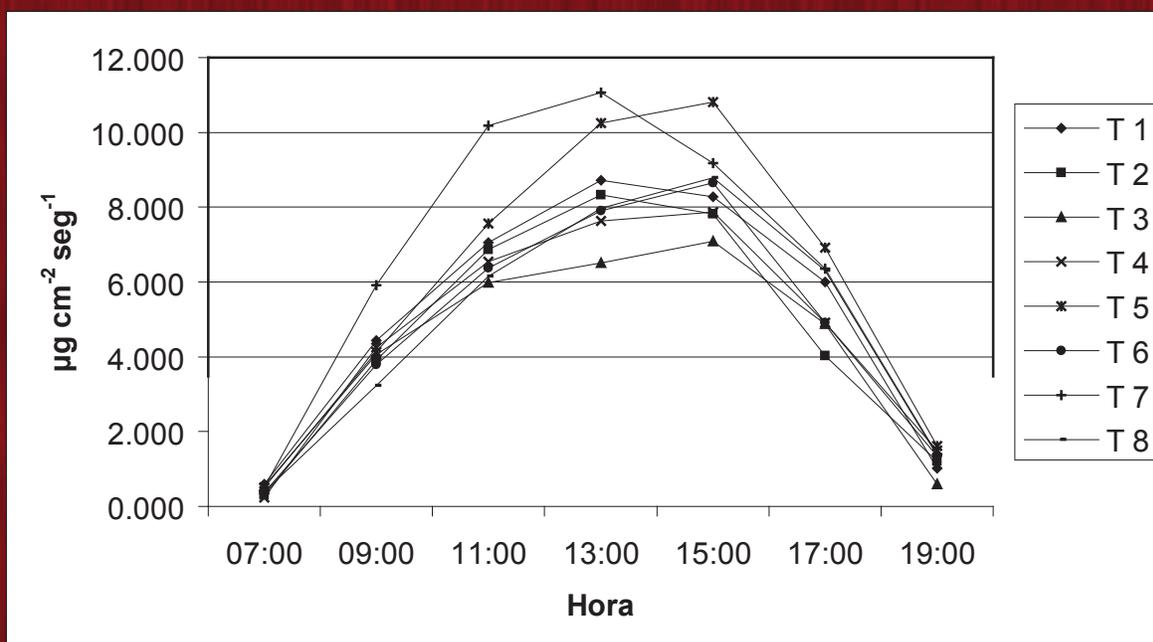
La distribución del experimento fue de acuerdo a un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Para determinar el efecto de los tratamientos se aplicó el análisis de varianza, y para la comparación de medias la prueba de Tuckey (P < 0.05%), para lo cual se empleó el programa de computador SAS.

Las variables que se midieron fueron: la transpiración y la resistencia estomatal (porómetro Li-Cor Li-1600), a intervalos de dos horas, un día durante todo el día (desde el amanecer hasta el anochecer); el número de frutos por planta; el peso seco de raíz y parte aérea, para lo cual se seleccionaron cinco plantas al azar al final del ciclo del cultivo, y el valor que se empleó fue el promedio y el rendimiento (20 cortes durante el tiempo del experimento). El fruto se clasificó: para mercado de exportación, nacional y rezaga.

## Resultados y Discusión

### Transpiración

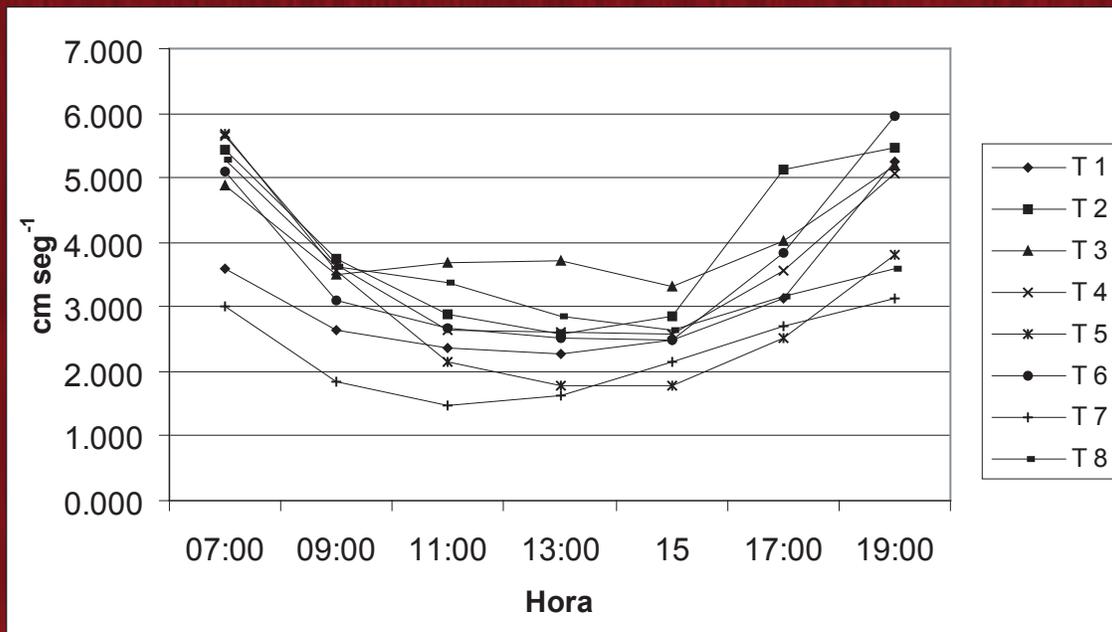
La aplicación de sequestrene 138 y 10 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico, generó los valores más altos de transpiración de agua evaporada (Figura 1). Lo anterior difiere de los resultados obtenidos por Mendieta (2001), quien en un trabajo similar, pero bajo condiciones de invernadero, encontró que la máxima transpiración se presenta al adicionar 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 %, respectivamente. Esta diferencia es a causa de que en “campo abierto”, la transpiración se ve afectada por todas las condiciones climáticas, mientras que en invernadero se presentaron únicamente temperaturas demasiado altas para las condiciones del cultivo, esto por ser un invernadero que no cuenta con un sistema de enfriamiento adecuado.



**Figura 1.** Transpiración durante un día en tomate con la adición de un fulvato de hierro, aplicadas vía fertirrigación.

### Resistencia estomatal

A la adición de 5 L de fulvato de hierro, 10 L de fulvato de hierro + 5 L de ácidos húmicos y Sequestrene 138, la planta presentó la menor resistencia estomatal, mientras que la mayor resistencia se encontró en todos los demás tratamientos (Figura 2).



**Figura 2.** Resistencia estomatal durante un día en tomate, con la adición de un fulvato de hierro, aplicadas vía fertirrigación.

### Peso seco

El peso seco de follaje, raíz y de planta completa, mostraron diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ). Al comparar las medias para peso seco de follaje, se encontró que al agregar 15 L de fulvato de hierro, esta variable fue superior al testigo en un 25 %. Por su parte, la aplicación de 15 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico y 15 L de fulvato de hierro, provocó que el peso seco de la raíz fuera superior a la raíz del testigo en un 21 y 19 %, respectivamente. En general, el mayor peso seco total de la planta se registró con el tratamiento tres, porque aventajó al testigo con un 25 %. (Cuadro 2). Estos resultados coinciden en parte con lo reportado por Mendieta (2001), quien aunque no encontró 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, al mejorar el crecimiento radicular, ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales los afectan los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o por su adición al suelo (Andréu *et al.*, 1994).

**Cuadro 2.** Medias de peso seco de follaje, raíz y total en plantas de tomate tratadas con un fulvato de hierro.

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

\* : P $\uparrow$ =0.05; † Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tuckey (P $\uparrow$ =0.05).

## Rendimiento

En los análisis de varianza se presentó diferencia altamente significativa (P $\leq$ 0.01) para calidad de fruto de exportación. Al realizar la comparación de medias de la calidad de frutos, los tratamientos de Sequestrene 138 y 15 L de fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico, resultaron estadísticamente superiores (P $\leq$ 0.01) al testigo en un 32 y 24 % respectivamente. Los tratamientos no provocaron ningún efecto significativo en la calidad del fruto para mercado nacional. En el fruto de rezaga se encontró diferencia significativa (P $\leq$ 0.05), pues el testigo adelantó al agregar 5 L de fulvato de Hierro + 5 L de ácido húmico.

Finalmente, el análisis de rendimiento total y al hacer comparación de medias, presentó diferencia altamente significativa (P $\leq$ 0.01); al aplicar el tratamiento de Sequestrene 138, éste aventajó al testigo en un 24 % (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Rendimiento de tomate cosechado por clase y rendimiento total al adicionar un fulvato de hierro.

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

:P $\uparrow$ =0.05; \*\* : P $\uparrow$ =0.01; ns: No significativo.

† Medias con la misma letra no son significativamente diferentes según Tuckey (p $\uparrow$ =0.05; p $\uparrow$ =0.01).

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

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 cuando se aplicaban al suelo ácidos húmicos de turba o leonardita, se obtenían un incremento significativo del contenido radicular de hierro, con respecto a otros elementos como el nitrógeno, calcio o fósforo. Los autores llegaron a la conclusión de que el incremento de la concentración de hierro podría deberse a la reducción de Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>, 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 (P $\leq$ 0.01) en la calidad de exportación; al realizar la

comparación de medias, cuando se aplicaron el Sequestrene 138, 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de Fe + 5 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico y 15 L ha<sup>-1</sup> de fulvato de Fe, resultaron superiores estadísticamente al testigo en un 29, 24 y 23 %, respectivamente. En cuanto a la calidad de los frutos para el mercado nacional se presentó diferencia significativa (P≤0.05) debido al tratamiento de 15 L de Fulvato de hierro, el cual fue estadísticamente superior al testigo en un 32 %. Por consiguiente el análisis realizado a las dos calidades en su conjunto (Frutos clase Comerciable), presentó diferencia altamente significativa (P≤0.01) y los tratamientos de 15 L de fulvato de hierro, 15 L fulvato de hierro + 5 L de ácido húmico y el sequestrene 138 fueron superiores al testigo en un 25 %. Por otro lado en la rezaga no se encontró diferencia significativa, sin embargo, el testigo presentó la mayor cantidad de fruta dañada. El análisis realizado a la cantidad de frutos totales no presentó diferencia significativa (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Medias de frutos por planta de tomate, al adicionar fulvato de hierro.

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

\* : P↑0.05; \*\* : P↑0.01; ns: No significativo. Falta identificar el símbolo "†"

## Conclusión

El fulvato de hierro en combinación con ácido húmico provocó un efecto muy similar al del quelato sintético de hierro (Sequestrene 138) sobre el crecimiento del tomate, incrementó la producción para exportación y controló satisfactoriamente la clorosis férrica.

## 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.
- Andréu J., Jorda, J., Juárez, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae* 357: 303-313.
- Banco de Comercio Exterior. 2001. Clasificación de las exportaciones de tomate a Estados Unidos. Secretaria de Economía.
- Cadahía L, C., E. Eymer A. Y J.J. Lucena M. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. pp. 99-111. *In: Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales*. Ed. Cadahía L, C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México.
- Cuevas, P. A. 2001. Control de la clorosis férrica en tomate por fulvato de hierro. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>th</sup> edition. Academic Press Inc. London.
- Mendieta E, J. 2001. Relaciones hídricas y fulvato de hierro en tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 48-63.
- Mengel, K. And E. A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Ed. Kluwer Dordrecht, Netherlands. pp. 425-437.