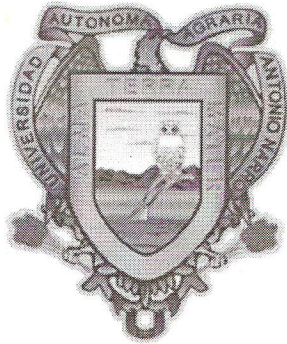




SIMPOSIO NACIONAL DE HORTICULTURA

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN EL NORTE DE MÉXICO



MEMORIAS

*del 8 al 10 de
Septiembre 2010
Saltillo, Coahuila*

ISBN: 978-607-7692-24-9



Producción de Tomate en el Norte de México

ISBN: 978-607-7692-24-9

Editor: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Compilador: Adalberto Benavides Mendoza

Lugar de Edición: Saltillo, Coah.

Fecha de edición: 30 de julio del 2010

Ejemplares: 300

El contenido de los artículos es responsabilidad de su autor

INDICE

PRACTICAS CULTURALES EN EL CULTIVO DE TOMATE EN SUELO BAJO INVERNADERO.	.....1
<i>M.C. Alvaro García León</i>	
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL TOMATE.	.....10
<i>Urbano Nava Camberos, Homero Sánchez Galván y Verónica Ávila Rodríguez</i>	
CALIDAD DE AGUA DE RIEGO Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y NECESIDADES NUTRIMENTALES DEL CULTIVO.	.....61
<i>Jesús Arcadio Muñoz Villalobos, José Antonio Cueto Wong</i>	
NUTRICION Y FERTIRRIGACION DEL TOMATE EN SUELOS CALCAREOS.	.....85
<i>M.C. Mauricio Navarro García</i>	
EL USO DE MICROELEMENTOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATES.	.....100
<i>Ing. Roberto Espinoza Gutiérrez</i>	
CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE.	.....116
<i>Dr. Porfirio Ramírez Vallejo</i>	
POLINIZACIÓN DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum Mill.</i>) EN INVERNADEROS EN MÉXICO.	.....127
<i>Juan Carlos Salinas-Navarrete</i>	
EFFECTO DE UN FULVATO DE HIERRO EXPERIMENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE CON DEFICIENCIAS DE FIERRO.	.....139
<i>Alfonso Reyes López, Fabiola Aureoles Rodríguez, Evangelina Rodríguez Solís, Daniel Hernández Castillo, Rubén López Cervantes, Leobardo Bañuelos Herrera</i>	
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SELENITO DE SODIO EN PLÁNTULAS DE TOMATE RESISTENTES Y SUSCEPTIBLES a <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i> Raza 3 BAJO CONDICIONES CONTROLADAS.	.....149
<i>Barbarita Companioni González, Julia Medrano Macías, Jorge Alejandro Torres González, Alberto Flores Olivas, Edmundo Rodríguez Campos, Adalberto Benavides Mendoza.</i>	
CRECIMIENTO DE TOMATE EN INVERNADERO BAJO TRES SUSTRATOS CON APLICACIÓN DE SELENIO.	.....160
<i>Armando Becvort-Azurra, Adalberto Benavides-Mendoza, Homero Ramírez, Valentín Robledo-Torres.</i>	

EFFECTO DE UN FULVATO DE HIERRO EXPERIMENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE CON DEFICIENCIAS DE FIERRO

EFFECT OF IRON FULVATE IN TOMATO YIELD WITH IRON DEFICIENCIES

Alfonso Reyes López*¹, Fabiola Aureoles Rodríguez, Evangelina Rodríguez Solís, Daniel Hernández Castillo, Rubén López Cervantes, Leobardo Bañuelos Herrera

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista, C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Alfonso Reyes López. 4110306. reyeslopez@prodigy.nt.mx

RESUMEN

Para corregir deficiencias de hierro que son comunes en la producción de tomate establecido en suelos calcáreos, se evaluó la efectividad de un fulvato de hierro (Fe) experimental en la producción de tomate en invernadero. Para ello plántulas de tomate del híbrido Hayslip fueron cultivadas en macetas con suelo calcáreo o arena en un invernadero y posteriormente tratadas con aplicaciones al suelo y al follaje con diferentes dosis de un fulvato de hierro experimental y ácidos húmicos; como testigos comerciales se emplearon Sequestrene₁₃₈ y Sequestrene₃₃₀ más un testigo absoluto. La mezcla de 0.15 g de ácidos húmicos + 3.5 ml·L⁻¹ del fulvato de hierro experimental aplicada a tomates cultivados en un suelos calcáreo incremento la producción de frutos de calidad exportación en 150.4 y 171.23% comparado con los quelatos comerciales Sequestrene₁₃₈ y Sequestrene₃₃₀ respectivamente. Mientras que el mismo tratamiento pero aplicado a plantas en arena sílica produjo incrementos de 181.2 y 168% en relación a los quelatos anteriores. Del mismo modo la aplicación del fulvato solo o combinado con ácidos húmicos incrementó la concentración de Fe en el tejido foliar, siendo las plantas cultivadas en arena sílica y con aplicaciones foliares las que mostraron una mayor acumulación de este micronutriente.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, sustancias húmicas.

SUMMARY

To correct iron deficiency common in tomato yield established on calcareous soil, the effectiveness of an experimental iron fulvate was evaluated. For this purpose tomato seedlings of the hybrid Hayslip were cultivated on calcareous soil or silica in a greenhouse, after they were treated with soil applications or foliage application with different amounts of experimental iron fulvate and humic acid. The commercial controls were Sequestrene₁₃₈ and Sequestrene₃₃₀ and absolute control. The mix of 0.15 g of humic acid + 3.5 ml·L⁻¹ of iron fulvate applied to tomatoes cultivated on calcareous soil increased the fruit production of commercial quality 150.4 y 171.23% against commercial chelates. While the same treatment applied to plants in silica increased 181.2 y 168% the production against previous chelates. At the same time the application of the fulvate by oneself or mixed with humic acid increased the concentration of Fe in foliage tissue, been the cultured plants on silica and with foliage applications the ones to show a mayor accumulation of this micronutrient.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, humic substances.

INTRODUCCIÓN

El tomate en México es una de las hortalizas de mayor importancia para el desarrollo económico y social por la superficie sembrada, el valor del producto y por la cantidad de divisas que genera. Es la hortaliza que mayor se exporta, sobre todo al mercado de los Estados Unidos de Norteamérica, siendo tres tipos de tomate los que se producen en las regiones de importancia: "bola", "saladette" y "cherry". A pesar de cultivarse en 27 estados de la República Mexicana, solo cinco concentran más 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 (SIAP, 2010).

Los suelos principales de las regiones donde se cultiva el tomate en México son Calcisoles, y se caracterizan por poseer un horizonte argílico en los 100 cm superficiales, un pH de 7.8 a 8.7 menos de 1% de materia orgánica y la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas (FAO/UNESCO, 1994) que provocan fijación de cationes metálicos, como el hierro (Fe). Este micronutriente es uno de los de mayor importancia en la nutrición vegetal ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila y forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis, la falta de éste, provoca el problema conocido como clorosis férrica. En muchas especies la clorosis es intervenal, de hecho en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado y las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Los métodos de producción del tomate son muy variados y en los últimos años se han buscado alternativas de producción más amigables con el ambiente y más económicas que involucren el uso de sustancias químicas de origen natural sin afectar la calidad y el rendimiento de los cultivos. Una de esas alternativas son los ácidos húmicos. Estos comprenden a los ácidos húmicos (AH), los ácidos fúlvicos (AF) y las huminas residuales (HR) 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).

Lo ácidos húmicos como tal, mejoran las condiciones físicas, mecánica y biológicas del suelo que favorecen el desarrollo de las raíces y una mayor absorción de agua y nutrientes. Los ácidos fúlvicos por su parte, cuentan con una importante actividad biológica en la planta, y estos junto con los ácidos húmicos favorecen una mayor absorción, traslocación y asimilación de nutrientes procedentes del suelo o cuando son aplicados al follaje. Ello debido a que forman complejos o quelatos con microelementos como el Fe, Zn y Cu y hacen disponibles para las plantas macroelementos como el P, K y Ca (Chen y Avid, 1990).

La formación de complejos está dada por la presencia de grupos funcionales libres oxigenados que se presentan en diferente proporción y forman complejos o quelatos con cationes en función de la naturaleza de éstos. Así los AH quelatan con mayor facilidad los cationes metálicos porque dominan en ellos los grupos funcionales carboxilos los que se estiman en 500 a 900 meq/100g, mientras que los AF tienen mayor afinidad por los alcalinos y alcalino-térreos por tener grupos funcionales carboxilos no mayores de 400 meq/100g (Orlov, 1995).

Por otra parte es conocido que con los fertilizantes químicos el éxito de buenas cosechas es alto, sin embargo, aunque estos son un camino muy efectivo para lograr altas producciones, se requieren dosis muy altas y su costo de adquisición es elevado, por lo que se hace necesaria la búsqueda de métodos económica y ecológicamente factibles, es decir, alternativas amigables con el medio ambiente. Por ello el objetivo de la presente investigación fue determinar la efectividad de un fulvato de hierro experimental en la producción de tomate con deficiencias de hierro.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Saltillo, Coahuila, México. En charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades y peat moss como sustrato, se sembraron semillas del híbrido Hayslip de hábito de crecimiento indeterminado, para producir plántula.

Una vez que las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas (aproximadamente 10 cm de longitud), fueron trasplantadas en macetas de plástico las cuales contenían ya sea 20 kg de arena sílica o suelo calcáreo. Los tratamientos se aplicaron vía foliar o al suelo y se formaron con 2, 3.5 y 5 ml.L⁻¹ de un fulvato de hierro experimental; 0.15 g de un ácido húmico comercial mezclado con 2, 3.5 y 5 ml.L⁻¹ del fulvato de hierro experimental y como testigos comerciales se utilizaron 1 g.L⁻¹ del quelato de hierro denominado Sequestrene₁₃₈ y 0.6 g. L⁻¹ del quelato de hierro Sequestrene₃₃₀; como testigo absoluto se utilizó solo agua. La aplicación de los tratamientos se realizó cada ocho días a las plantas establecidas en suelo calcáreo y dos veces por semana en las colocadas en arena sílica.

Las variables evaluadas fueron: Producción de frutos de calidad exportación, nacional y rezaga y además se midió la cantidad de hierro presente en el tejido foliar la cual fue medida con un espectrofotómetro de absorción atómica Marca VARIAN.

El diseño experimental empleado fue un completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento donde la unidad experimental se conformo por una planta. El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.01$) para lo cual se empleó el paquete computacional SAS (Statistical Analysis System) (Universidad Complutense de Madrid, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de tomate establecido en suelo calcáreo que recibió aplicaciones de sustancias húmicas tanto al suelo como al follaje, presentó incrementos estadísticamente significativos en la producción de frutos de cantidad exportación según el análisis de varianza y la comparación de medias ($P \leq 0.01$). El tratamiento que mayor producción de frutos presentó, fue la mezcla de 0.15 g de ácidos húmicos + $3.5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro experimental aplicado al suelo en relación a los frutos obtenidos con Sequestrene en sus dos modalidades y al testigo absoluto. La producción promedio alcanzada con este tratamiento, superó 150.4 y 171.23% a la obtenida con los tratamientos con Sequestrene₁₃₈ y Sequestrene₃₃₀ respectivamente y 346.4% a la lograda con el testigo absoluto. En lo que respecta al contenido de Fe se observó que la aplicación de fulvato de hierro solo o combinado incrementó dicho contenido. Siendo el mejor tratamiento aquel aplicado al follaje y formulado con 0.15 g de ácidos húmicos + $5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro, seguido del tratamiento con 0.15 g de ácidos húmicos + $2 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro aplicado de igual forma al follaje. Si bien el tratamiento formulado con 0.15 g de ácidos húmicos + $5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro aplicado al suelo produjo una mayor cantidad de frutos de calidad exportación, fue uno de los tratamientos que menor contenido de Fe presentó en el follaje. Esto seguramente debido a que la mayor cantidad de este nutrimento fue empleada de alguna manera en la producción de frutos de mayor calidad (Cuadro 1).

Lo anterior concuerda con lo establecido por Sánchez *et al.* (2006), al determinar que en un suelo con pH alcalino, los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos mejoraron el funcionamiento del hierro cuando se combinan con sustancias húmicas, en árboles de limón, naranjo y uva de mesa.

Por su parte el cultivo establecido en arena sílica también se vio afectado por la aplicación de sustancias húmicas. Mediante el análisis estadístico se observó que similar al experimento anterior el tratamiento con 0.15 g de ácidos húmicos + $3.5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de fulvato de hierro aplicado al suelo logró una mayor producción de frutos de tomate de calidad exportación. Dicho tratamiento superó a los tratamientos comerciales con Sequestrene₁₃₈ y Sequestrene₃₃₀ aplicados también al suelo en

181.2 y 168% respectivamente y al testigo absoluto en 285.3%. Además en lo que respecta al contenido nutricional de Fe se observó que las combinaciones de ácidos húmicos y fulvato de hierro aplicadas al follaje fueron los tratamientos que mayor contenido de Fe acumularon en él, siendo el tratamiento que proporcionó los mejores resultados aquel formulado 0.15 g de ácidos húmicos + 5 ml·L⁻¹ de fulvato de hierro experimental.

Cuadro 1.- Efecto de las aplicaciones de los tratamientos en la producción y contenido de hierro en el tejido foliar en tomates cultivados en suelo alcalino y arena sílica.

Tratamiento	Suelo alcalino				Arena sílica			
	Exportación (g-planta) **	Nacional (g-planta) **	Rezaga (g-planta) **	Hierro (mg-g) **	Exportación (g-planta) **	Nacional (g-planta) **	Rezaga (g-planta) **	Hierro (mg-g) **
Aplicaciones al suelo								
2 g·L ⁻¹ de FFe [¶]	1203.3 ab [¥]	873.3 ab	534.2 ab	228.4 ij	1890.0 ab [¥]	260.0 cde	45.0 b	278.1fg
3.5 g·L ⁻¹ de FFe	1004.2 ab	756.7 b	490.8 abc	470.2 ef	1955.0 ab	576.7 bc	6.7 b	272.7 fg
5 g·L ⁻¹ de FFe	769.2 ab	991.7 b	410.0 abc	183.2 jk	1890.0 ab	253.3 cde	18.3 b	327.7 f
0.15 g de AH + 2 g·L ⁻¹ de FFe	1542.5 ab	1195.0 ab	375.8 abc	245.5 ij	1718.0 ab	838.3 b	51.7 b	260.6 fg
0.15 g de AH + 3.5 g·L ⁻¹ de FFe	2540.0 a	653.3 b	140.8 bc	167.7 kl	2525.0 a	450.0 bcd	48.3 b	242.2 gh
0.15 g de AH + 5 g·L ⁻¹ de FFe	1780.0 ab	851.7 b	219.2 abc	205.9 jk	1326.7 ab	393.3 cde	66.7 ab	222.0 gh
1 g·L ⁻¹ de SEQ1	1689.2 ab	564.2 b	308.3 abc	243.5 hi	1393.3 ab	165.0 de	10.0 b	292.1 fg
0.6 g·L ⁻¹ de SEQ2	1483.3 ab	828.3 b	355.0 abc	298.3 ijk	1503.3 ab	213.3 cde	46.7 b	184.4 hi
Aplicaciones al follaje								
2 g·L ⁻¹ de FFe	1393.3 ab	755.0 b	266.7 abc	699.6 c	1265.0 ab	228.3 cde	0.0 b	865.3 c
3.5 g·L ⁻¹ de FFe	1507.5 ab	468.3 b	233.3 abc	414.1 fg	1398.3 ab	210.0 cde	73.3 b	974.8 b
5 g·L ⁻¹ de FFe	217.8 ab	656.7 b	106.7 c	464.2 ef	2028.3 ab	401.7 cd	26.7 b	685.1 d
0.15 g de AH + 2 g·L ⁻¹ de FFe	1236.7 ab	865.3 ab	201.7 abc	1010.5 b	1406.7 ab	273.3 cde	16.7 b	946.3 bc
0.15 g de AH + 3.5 g·L ⁻¹ de FFe	1546.3 ab	783.3 b	140.8 bc	536.4 de	1386.7 ab	93.3 e	36.7 b	1150.1 a
0.15 g de AH + 5 g·L ⁻¹ de FFe	983.3 ab	938.3 ab	234.2 abc	1695.3 a	1521.7 ab	911.7 ab	0.0 b	1084.8 ab
1 g·L ⁻¹ de SEQ1	1913.3 ab	655.0 b	207.5 abc	370.5 g	1113.3 ab	231.7 cde	143.3 ab	589.5 e

** Significativo ($P \leq 0.01$).

¶ FFe=Fulvato de hierro experimental, AH=Ácidos húmicos, SEQ1=Sequestrene₁₃₈ y SEQ2=Sequestrene₃₃₀.

¥ Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.01$).

Como se puede ver la aplicación sola o combinada de fulvato de hierro experimental afecto favorablemente la producción de frutos de tomate de calidad exportación y favoreció la acumulación de Fe en el tejido foliar. En ambos tipos de suelos los resultados fueron similares, más sin embargo, las plantas cultivadas en suelo arenoso y tratadas con sustancias húmicas al follaje fueron las más beneficiadas con la aplicación del fulvato. Adani *et al.* (1998) encontraron efectos similares al estudiar el comportamiento de ácidos húmicos comerciales provenientes de leonardita en el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate. Dichos investigadores, confirmaron que al incorporar ácidos húmicos en el suelo el contenido de hierro del tejido vegetal de raíz incrementó significativamente, así mismo mejoró el contenido de nitrógeno, calcio y fósforo en el tejido foliar con lo que concluyeron que el incremento en la concentración de hierro podría deberse a la oxidación de Fe^{3+} a Fe^{2+} por la presencia de las sustancias húmicas.

Si bien hay importante evidencia científica que indica que los ácidos húmicos, mejoran las condiciones del suelo favoreciendo con ello el buen crecimiento y desarrollo de las plantas y que los ácidos fúlvicos tienen importante actividad biológica. La propiedad más importante de dichos compuestos radica en la formación de complejos con metales esenciales para la planta como el Cu, Zn y Fe (Chen y Avid. 1990) lo que los pone disponibles y más fácilmente asimilables para las plantas.

Por otra parte, el hecho de que la aplicación de los tratamientos propiciara una mayor acumulación de Fe en el tejido vegetal, no necesariamente es muestra de que hayan quedado cubiertas las necesidades nutrimentales de Fe. Jones *et al.* (1991) menciona que un alto contenido de Fe foliar no necesariamente es 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 metabólicamente activa.

CONCLUSIÓN

La aplicación al follaje y al suelo del fulvato de hierro experimental solo o combinado con ácidos húmicos en el cultivo de tomate establecido en un suelo calcáreo o en arena sílica, incrementó la producción de frutos de calidad exportación y el contenido de Fe en el tejido foliar. El mejor tratamiento fue aquel aplicado al suelo donde se combinó 0.15 g de ácido húmico y 3.5 ml·L⁻¹ de fulvato de hierro ya que supero la producción lograda con el quelato comercial Sequestrene. Además las plantas cultivada en arena sílica que recibieron aplicaciones foliares de fulvato de hierro acumularon más Fe en el tejido foliar. Por lo que dicha sustancia constituye una excelente opción para corregir la deficiencia de fierro en este cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adani F., Genevini P., Zaccheo G. and Zocchi G. 1998. The effects of commercial humic acid plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutrition* 21 (3):561-575.
- Chen Y and Avid T. 1990. Effect of humic substances on plant growth; contribution from seagram center for soil and wart sciences. Faculty of Agriculture. In "Humic substances in soil crop sciences: selected readings", MacCarthy, C. E.; Clapp, R. L. Malcom and P. R., Bloom (Eds) Am. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p 161-182.
- FAO/UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. Wageningen/Rome.
- Jones Jr J B, B Wolf and H A Mills. 1991. Plant analysis Hand book. Methods of plant analysis and interpretation. Micro-Macro, Pub Inc. U.S.A. p 187.
- Mengel K and E A Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edn. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 849 pp.
- Orlov D S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.
- Sánchez D L, M Morales y S Salvador. 2006. Correlación de la clorosis férrica, azufre y molibdeno, y su influencia sobre el rendimiento de tomate. Memorias del XXI Congreso Nacional Agronómico de Chile. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 189 p.
- 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.
- SIAP. Sistema de Información agroalimentaria y pesquera. Consultado el 2 de agosto de 2010. <http://www.siap.gob.mx/>
- Universidad Complutense de Madrid. 2004. Curso de introducción a la programación SAS® V8. Servicios informáticos de apoyo a docencia e investigación. Apoyo a investigación. 74 p.