

**COMPORTAMIENTO DE CUATRO SUBSTANCIAS
HÚMICAS DE DIVERSO ORIGEN EN LA NUTRICIÓN Y
CRECIMIENTO DE CHILE**

GUILLERMO GONZÁLEZ ROSALES

T E S I S

*Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:*

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**COMPORTAMIENTO DE CUATRO SUBSTANCIAS HÚMICAS DE
DIVERSO ORIGEN EN LA NUTRICIÓN Y CRECIMIENTO DE
CHILE**

TESIS POR

GUILLERMO GONZÁLEZ ROSALES

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial, para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal

Dr. Alfonso Reyes López

Asesor

Dr. Rubén López Cervantes

Asesor

Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor

Dr. David Raúl López Aguilar

Asesor

M.C. Liborio Fenech Larios

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo de 2005

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR**, por darme las bases durante el período 1995-2000.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por brindarme la oportunidad de superarme.

Al **DR. ALFONSO REYES LÓPEZ**, por la confianza que depositó en mi al fungir como asesor principal, además del apoyo y tiempo brindado durante la realización de esta investigación.

A un gran amigo, **DR. RUBEN LÓPEZ CERVANTES**, por su tiempo desmedido y sin interés alguno en cada una de las actividades llevadas a cabo durante el trabajo de campo, así, como en las revisiones, sin menospreciar sus consejos, tanto en lo profesional, como en lo personal, en verdad Dr. Muchas gracias.

Con todo respeto al **DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE**, por el tiempo dedicado en cada una de las actividades realizadas durante la investigación.

Especialmente al **DR. DAVID RAÚL LÓPEZ AGUILAR**, quien como coordinador del CIBNOR, Unidad Guerrero Negro, B. C. S. estuvo al pendiente de cada una de las actividades durante el transcurso de la investigación, espero no defraudarlo en el campo laboral. Muchas gracias

Al **MC. LIBORIO FENECH LARIOS**, por el apoyo y tiempo dedicado a cada una de las revisiones, además de la amistad brindada durante mi paso por la UABCS. Gracias profesor.

Al **ING. JUAN CARLOS ROMO ARELLANO**, por la gran amistad que mantuvimos durante el tiempo de la investigación. En verdad J. Carlos, Muchas gracias.

A los **ING. GREGORIO L. V., VERÓNICA M. M. y EVARISTO N. H.**, por su amistad brindada.

DEDICATORIA

IRMA GARCIA PADILLA, a la mujer que le da sentido a mi vida, MI ESPOSA, a quien espere por 23 años llegando en el momento más preciso de mi vida. Gracias por ser tan tolerante, comprensiva y perseverante, pero sobretodo por darme la oportunidad de ser padre de una hermosa hija. En verdad mi amor muchas gracias por darme la oportunidad de estar en tu corazón y que dios te conserve por mucho tiempo a mi lado.

A mi Hija GRACIELA GONZÁLEZ GARCÍA, por que eres mi razón de vivir, por ese amor inmenso que me das. Aunque eres una bebe de 1 año 11 meses, me haz dado tantas alegrías y por eso muchas gracias hijita.

A mis Padres Raúl González Peña y Eufrocina Rosales Medel, por darme la dicha de ser su hijo, además de forjarme las bases de la vida durante mi infancia y adolescencia, sin menospreciar el esfuerzo realizado durante mis estudios hasta llegar a ser un hombre de bien. Muchas gracias.

A mis hermanas, Ma. Guadalupe, Ma. Soledad, Ma. Teresa, Candelaria Isabel y Lilia por el apoyo, comprensión y amor que siempre me han brindado, además por la unión que nos caracteriza como familia a pesar de tantas adversidades.

A mi hermana Graciela (+), por el tiempo que pasamos juntos, siempre estas presente en mi corazón y te extraño. Se que siempre estuviste conmigo todo este tiempo. FUE POR TI.

A mis sobrinos Oscar, Arturo, Aldaír, Eric, Reina, Raúl, Debani, por el cariño que siempre me han manifestado y por ser parte de la alegría familiar.

A mis cuñados Felipe, Arturo, Roberto, Ricardo, por ser parte de la familia.

A mis amigos, Daniel, Hugo, Antero, Saret, Minervo, Patty, Víctor, Lulú, Josefina, personal del CIBNOR de Gro. Negro. y a todas las personas que formaron parte especial en mi vida durante mi estancia en este lugar, por su gran amistad, apoyo incondicional y preocupación por mi.

COMPENDIO

**COMPORTAMIENTO DE CUATRO SUBSTANCIAS HÚMICAS DE
DIVERSO ORIGEN EN LA NUTRICIÓN Y CRECIMIENTO DE
CHILE**

POR

GUILLERMO GONZÁLEZ ROSALES

MAESTRÍA

HORTICULTURA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo 2005

Dr. Alfonso Reyes López. – Asesor –

Palabras clave: Substancias Húmicas, Solución nutritiva, *Capsicum annum*

Para determinar el efecto de sustancias húmicas (SH) en la nutrición y crecimiento del chile, en invernadero, se elaboraron tres compostas: estiércol de bovino mas residuos de cocina (EB+DC), estiércol de bovino con harina de maíz (EB+HM) y estiércol de caprino y paja de soya (EC+PS). De cada composta fueron extraídas SH; a éstas le fue medida la acidez total (AT); 0.5 mL L⁻¹ de agua de las SH, se mezclaron con

0, 50 y 100 por ciento de la solución nutritiva Hoagland (SNH) y aplicados en el riego a chile “anahaim”. El testigo relativo fue un producto comercial (K-tionic®). Las variables medidas fueron: diámetro del tallo (DT), frutos amarrados (NFA), frutos cosechados (NFC), peso de fruto (PF), peso fresco de planta (PFP) y peso seco de planta (PSP), así como las variables nutrimentales en tejido vegetal de follaje al término del ciclo: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), manganeso (Mn), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zinc (Zn). Los ácidos Fúlvicos (AF) de ECPS, fueron los mas oxidados. Al aplicar SH de ECPS con el 100 (todos los valores son expresados en porcentaje) de la SNH el DT superó en 3 y 4 a ambos testigos con el 100 de la SNH; este mismo tratamiento provocó que el PF aventajara en 11 a la SNH completa. El testigo relativo más el 100 de la SNH, superó en 21 y 17 al testigo absoluto (SNH100) en el NFA y NFC, respectivamente. Las SH de EB+HM mas el 100 de la SNH, superaron en 3 al K-tionic® con el 100 de la SNH en el PFP y PSP. En los elementos nutrimentales medidos, hay efecto estadístico altamente significativo de los tratamientos. Las SH producen efectos positivos en el crecimiento de chile, solo que es necesario mezclarlas con fertilizantes.

ABSTRACT

**BEHAVIOR OF FOUR HUMIC SUBSTANCES OF SOME ORIGIN
IN THE NUTRITION AND GROWTH OF PEPPER**

BY

GUILLERMO GONZÁLEZ ROSALES

MAESTRÍA

HORTICULTURA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Buenavista, Saltillo, Coahuila. May 2005

Dr. Alfonso Reyes López . – Adviser –

Key words: *Humic Substances, Nutritive Solution, Capsicum annum*

To determine the effect of humic substances (HS) in pepper nutrition and growth in greenhouse, three kind of compost were elaborated with cooking waste (CMWC), cow manure with corn meal (CMDC), and goat manure with soybean straw (GMSS), HS were obtained from each compost were measured for total acidity (TA); 0.5 mL L⁻¹ of HS water were mixed with 0, 50 and 100 % of Hoagland nutritive solution (HNS) and

applied to “anahaim” pepper. The relative control was a commercial product (K-tionic[®]). The variables measured were stem diameter (SD), fruit set number (FSN), harvested fruit number (HFN), fruit weight (FW), plant fresh weight (PFW) and dry weight plant (PDW) for vegetative leaf tissue Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Copper (Cu), Iron (Fe) and Zinc (Zn) were measured. The fulvic acid (FA) obtained from GMSS were the most oxidized. To apply HS of GMSS with 100 (all the values are expressed in percentage) of HNS, the SD was superior in 3 to K-tionic[®] plus the 100 of HNS and in 4 to the HNS to 100, with these same treatments the FW was superior in 11 to the HNS to 100. The control relative plus the 100 of HNS, was superior in 21 and 17 to control absolute (HNS100) in the FSN and HFN, respectively. The HS of CMDC plus the 100 of HNS, was superior in 3 to K-tionic[®] with the HNS 100 in the PFW and 3 in the PDW. In nutritional elements, there is a very significant statistical effect of the treatments, HS produce positive effects in pepper growth, but it is necessary to mix with chemical nutritional elements.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivo -----	2
Hipótesis -----	2
REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
Aspectos generales del chile -----	3
La materia orgánica -----	3
Las sustancias húmicas en la nutrición y crecimiento vegetal -----	7
ARTÍCULO -----	10
CONCLUSIÓN -----	28
LITERATURA CITADA -----	29

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 2.1----- 5

INTRODUCCIÓN

El chile es una de las hortalizas de mayor tradición en nuestro país, porque está considerado como alimento básico dentro de la dieta de los mexicanos, ya sea para su consumo en fresco o procesado. Además, es de gran importancia económica por la gran cantidad de jornales necesarios para su cultivo. Los modos de producción son muy variados, sin embargo, en los últimos 10 años ha tomado gran auge producirlo bajo condiciones de invernadero con fertirriego, ya que se obtienen mayores producciones y de alta calidad para exportación, principalmente a los Estados Unidos y Canadá.

En México, en los últimos 15 años, gracias al auge de la agricultura sostenible, el uso de sustancias húmicas (SH) se ha incrementado dentro de los sistemas de producción de hortalizas, debido a que producen múltiples beneficios, ya que se infiere que intervienen directa e indirectamente en la nutrición y crecimiento vegetal, aunque se asume que el o los mecanismos mediante el cual sucede lo anterior, no están dilucidados con claridad. (Reyes *et al.*, 1999).

Las sustancias húmicas empleadas en la actualidad son extraídas normalmente de leonarditas, turbas y lignitos, importados principalmente de Europa y Estados Unidos de América, lo que incrementan los costos de producción al igual que los fertilizantes, que aunque producen rendimientos aceptables, el uso de ellos es cada vez más

restringido por sus altos costos, además de que el uso continuo o excesivo traen como consecuencia que los suelos se salinizan por su poder residual. En base a lo anterior, la presente investigación planteó el siguiente:

Objetivo

Evaluar el efecto de cuatro sustancias húmicas extraídas de diferentes compostas y mezcladas con tres niveles de solución nutritiva Hoagland, en la nutrición y crecimiento del chile (*Capsicum annum* L.).

Hipótesis

Las sustancias húmicas mezcladas con solución nutritiva, aumentan el crecimiento y producción del chile.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos Generales del Chile

El chile pertenece al género *Capsicum*, de la familia Solanáceas. Es una especie herbácea de habito indeterminado, el cual en producciones comerciales es un cultivo anual y crece de 25 a 90 cm de altura, distribuido principalmente en climas cálidos debido a que no resiste heladas y con una humedad relativa óptima entre 50 y 79 por ciento. Investigaciones recientes han permitido extender el cultivo a regiones con condiciones menos propicias de explotación, gracias a la utilización de cultivares con mayor tolerancia a climas fríos y/o uso de invernaderos.

El fruto es una baya y en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez, el color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en la capa del pericarpio.

La Materia Orgánica

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón; química y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición,

substancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente de productos desmenuzados y de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Schulten, 1995, Schnitzer, 2000). Por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982).

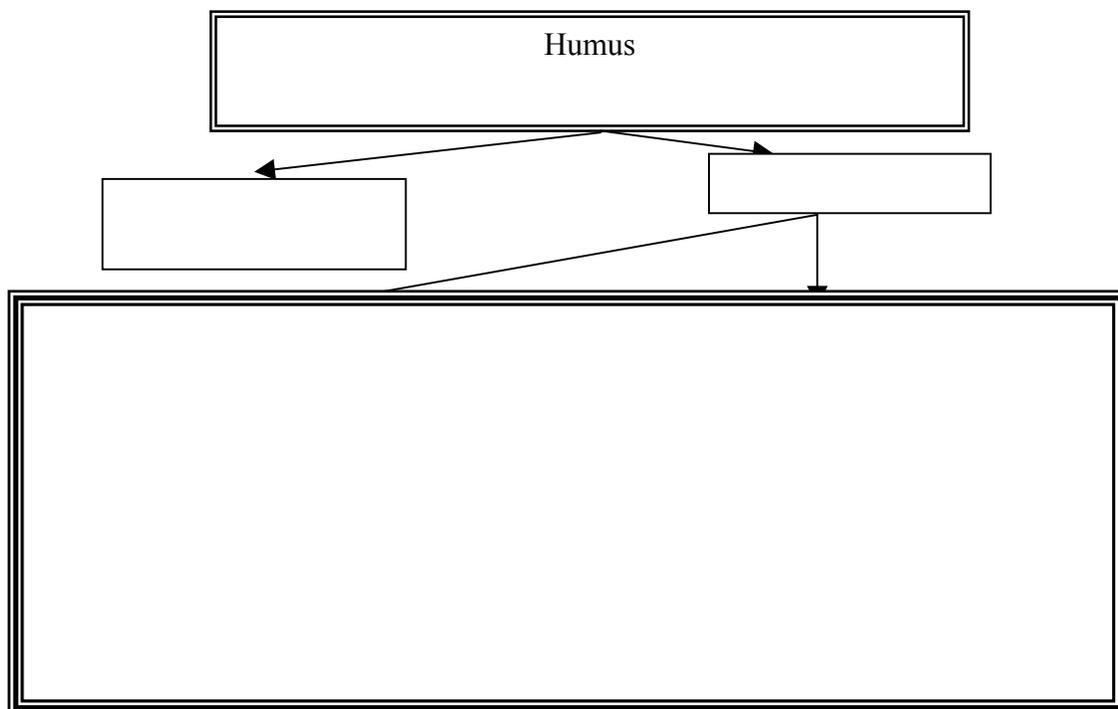
Las sustancias no húmicas son los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y ácidos orgánicos de bajo peso molecular (Atlas, 1984), éstas son relativamente fáciles de descomponer por los microorganismos, por lo que tienen poca duración en el suelo, mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina, por su estructura molecular, son difíciles de alterar (Aleksandrova, 1994; Schnitzer y Schulten, 1995; Yano *et al.*, 1998) y se les considera los principales “precursores” de las sustancias húmicas (Fründ *et al.*, 1994; Orlov, 1995).

La transformación de las sustancias no húmicas en húmicas se efectúa en dos procesos: la mineralización y la humificación. La primera es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos y fosfatos) y gaseosos (CO₂), por la acción de microorganismos y la segunda consiste en la síntesis y/o unión química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales, por la actividad enzimática de los microorganismos (Duchaufour, 1984; Fründ *et al.*, 1994).

La humificación origina las sustancias húmicas (SH), las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y

mas estable que su forma original, provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 2000).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), los cuales son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas, racimos, ciclos aromáticos y condensados, con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995; Schnitzer, 2000). Las características de las sustancias se presentan de manera general en el Cuadro 2.1.



Cuadro 2.1: Clasificación y propiedades químicas de las sustancias húmicas (Bohn, *et al*, 1993).

Una importante diferencia entre los ácidos húmicos y fúlvicos es que el oxígeno de los ácidos fúlvicos puede ser considerado, en gran manera como grupos funcionales (-COOH, -OH, -COO y C=O), unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos, mientras que en los ácidos húmicos la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del “núcleo” y/o ciclos aromáticos (Schnitzer, 2000; Stevenson, 1982, Schnitzer, 1982, Cameron *et al.*, 1989). Pero la estructura molecular de los ácidos húmicos y fúlvicos no ha sido plenamente identificada ni reconocida universalmente, por la heterogeneidad de orígenes, fuentes de materiales orgánicos y factores que intervienen en su constitución. Y porque los científicos no están en posibilidades de proponer un concepto válido para la estructura química de la molécula de estos materiales.

En la estructura de los ácidos húmicos, una de las formas interesantes, es la presencia de vacíos de varias dimensiones, los cuales pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos, como carbohidratos, proteínas y lípidos, o bien inorgánicos como arcillas minerales y oxihidróxidos (Schnitzer, 1978). Schnitzer y Schulten (1995) mencionan que los carbohidratos y las proteínas, son adsorbidos en la superficie externa y en los vacíos internos los puentes de hidrógeno juegan un importante papel en su inmovilización. Los vacíos en el modelo estructural, son capaces de incluir compuestos orgánicos e inorgánicos y agua, los grupos funcionales están involucrados en reacciones con metales y minerales y proveen nutrientes para las raíces de las plantas y microorganismos (Schnitzer, 2000).

La habilidad de los ácidos húmicos y fúlvicos para combinarse con iones metálicos, es debido a su alto contenido de grupos funcionales oxigenados, estimado de 500 a 900 meq 100 g⁻¹ para los ácidos húmicos y 1400 meq 100 g⁻¹ en promedio para los ácidos fúlvicos (Rashid, 1972; Stevenson y Gohs, 1972). El mecanismo de adsorción se atribuye a la capacidad de quelatación y/o complejación de las sustancias húmicas, sin embargo, ésto no ha sido bien definido (Orlov, 1995).

Las Sustancias Húmicas en la Nutrición y Crecimiento Vegetal

Para los fisiólogos vegetales el criterio fundamental del crecimiento, es el aumento en tamaño del vegetal completo, aunque en ocasiones es difícil de medir, sobre todo por la distribución de la raíz (Salisbury y Ross, 1994).

Un ejemplo muy claro del efecto de sustancias húmicas en el crecimiento de diferentes órganos en plantas intactas, fue presentado por Rauthan y Schnitzer (1981), donde establecen que los ácidos fúlvicos a concentraciones de 100 mg L⁻¹ en el crecimiento del pepino, incrementaron la longitud de raíz en 31 por ciento, el peso del tallo en 81 por ciento, el peso seco de la planta en 130 por ciento, el número de hojas por planta en 40 por ciento y el número de flores por planta en 145 por ciento, con respecto a plantas donde se adicionaron cantidades superiores a las aplicadas.

En adición al incremento en longitud y peso fresco y seco, las sustancias húmicas pueden ejercer un efecto favorable en el desarrollo de raíces adventicias, en soluciones nutritivas (Vaughan y Malcolm, 1985). En raíces de tomate, producidas en

solución nutritiva, los ácidos húmicos fueron mas efectivos que los ácidos fúlvicos en el aumento del crecimiento, sin embargo, podría parecer que en estas dos fracciones húmicas influyen diferentes aspectos del crecimiento y los ácidos húmicos solos aumentan la elongación celular, mientras que los ácidos fúlvicos producen efectos opuestos (Schnitzer, 1991).

Los efectos de las SH sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta, las raíces y las partes aéreas. También se indica una respuesta superior de las sustancias húmicas de origen natural, contra aquellas de procedencia comercial, donde las primeras estimulan el crecimiento de tallos en varias plantas cuando son aplicadas con soluciones nutritivas a diversas concentraciones. Además, se ha observado que hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de las raíces (Chen y Aviad, 1990).

Se infiere que los ácidos húmicos y fúlvicos, pueden complejar y/o quelatar los cationes y colocarlos disponibles para las raíces, sin embargo, no está bien establecido el ó los mecanismos mediante el cual o los cuales sucede lo anterior, por ello Schnitzer (2000) y Orlov (1995), postularon que los grupos carboxilos e hidroxilos fenólicos de los ácidos húmicos y fúlvicos son los responsables de lo anterior, porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de los ácidos está formada por estos grupos funcionales.

La complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las sustancias húmicas con respecto a los sistemas vivos (vegetales), porque al quelatar los iones, ellos facilitan la disponibilidad de éstos para algunos mecanismos, uno de los cuales es prevenir su precipitación y otro puede ser su influencia directa en la disponibilidad de los iones. Por ejemplo, la adición de ácidos fúlvicos tuvo como consecuencia que el hierro fuera más abundante en el tejido vegetal de follaje de tomate (Cuevas, 2001) y el calcio en melón (Serna, 2001).

La respuesta de las plantas a los ácidos fúlvicos es mas grande que a los ácidos húmicos cuando son adicionados en bajas concentraciones (Schnitzer, 2000), por ejemplo, en plantas de tomate los ácidos húmicos unidos al hierro, estimulan la longitud de raíces en 54 por ciento y tallos en 146 por ciento mas que el testigo, cuando las plantas fueron producidas en solución nutritiva. El contraste fue marcado al producir plantas con ácidos fúlvicos, porque la longitud del tallo fue 170 por ciento superior al testigo, mientras que la de raíces fue solo del 10 por ciento mas que el testigo (Vaughan y Malcolm, 1985; Reyes *et al.*, 1999).

Es común que con algunos agentes quelatantes, las SH inhiban la disponibilidad del hierro dentro de las raíces (Linehan, 1978), pero subsecuentemente aumenta la concentración de este catión en los tallos, relativo al control sin el material húmico. Guminiski *et al.*, (1983), concluyó que si el hierro se une a los AH inhibe la disponibilidad del fósforo, mientras que la unión con calcio facilita la acumulación de fósforo dentro de las plantas. La interacción entre los AF, manganeso (Mn) y fósforo (P) también resultan en un efecto favorable en la disponibilidad de este elemento.

COMPORTAMIENTO DE CUATRO SUBSTANCIAS HÚMICAS DE DIVERSO ORIGEN EN LA NUTRICIÓN Y CRECIMIENTO DE CHILE

Behavior of Four Humic Substances of Some Origin in the Nutrition and Growth of Chile

González R. G.¹, A. Reyes L.², R. López C.³, F. Borrego E.⁴, R. López A.⁵, L. Fenech L.⁶

¹Alumno de Maestría en Hortalizas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315 México. Email gmoglezr@hotmail.com

²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315 México.

³Departamento de Ciencias del Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315 México.

⁴Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, 25315 México.

⁵Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), Unidad Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

⁶Departamento de Suelos, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

RESUMEN

Para determinar el efecto de sustancias húmicas (SH) en la nutrición y crecimiento del chile, en invernadero, se elaboraron tres compostas: estiércol de bovino mas residuos de cocina (EB+DC), estiércol de bovino con harina de maíz (EB+HM) y estiércol de caprino y paja de soya (EC+PS). De cada composta fueron extraídas SH; a éstas le fue medida la acidez total (AT); 0.5 mL L⁻¹ de agua de las SH, se mezclaron con 0, 50 y 100 % de la solución nutritiva Hoagland (SNH) y aplicados en el riego a chile “anahaim”. El testigo relativo fue un producto comercial (K-tionic[®]). Las variables medidas fueron: diámetro del tallo (DT), frutos amarrados (NFA), frutos cosechados (NFC), peso de fruto (PF), peso fresco de planta (PFP) y peso seco de planta (PSP), así como las variables nutrimentales en tejido vegetal de follaje al término del ciclo: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), manganeso (Mn),

Cobre (Cu), Fierro (Fe) y Zinc (Zn). Los ácidos Fúlvicos (AF) de ECPS, fueron los mas oxidados. Al aplicar SH de ECPS con el 100 % de la SNH el DT superó en 3 y 4 por ciento a ambos testigos con el 100 % de la SNH; este mismo tratamiento provocó que el PF aventajara en 11 % a la SNH al 100 %. El testigo relativo más el 100 % de la SNH, superó en 21 y 17 por ciento al testigo absoluto (SNH100) en el NFA y NFC, respectivamente. Las SH de EB+HM mas el 100 % de la SNH, superaron en 3 por ciento al K-tionic[®] con el 100 % de la SNH en el PFP y PSP. En los elementos nutrimentales medidos, hay efecto estadístico altamente significativo de los tratamientos. Las SH producen efectos positivos en el crecimiento de chile, solo que es necesario mezclarlas con fertilizantes.

Palabras clave: *Substancias Húmicas, Solución nutritiva, Capsicum annum*

ABSTRACT

To determine the effect of humic substances (HS) in pepper nutrition and growth in greenhouse, three kind of compost were elaborated with cooking waste (CMWC), cow manure with corn meal (CMDC), and goat manure with soybean straw (GMSS), HS were obtained from each compost were measured for total acidity (TA); 0.5 mL L⁻¹ of HS water were mixed with 0, 50 and 100 % of Hoagland nutritive solution (HNS) and applied to “anahaim” pepper. The relative control was a commercial product (K-tionic[®]). The variable measured were stem diameter (SD), fruit set number (FSN), harvested fruit number (HFN), fruit weight (FW), plant fresh weight (PFW) and dry weight plant (PDW) for vegetative leaf tissue Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Copper (Cu), Iron (Fe) and Zinc (Zn) were measured. The fulvic acid (FA) obtained of GMSS were the most oxidate. To

apply HS of GMSS with 100 % of HNS, the SD was superior in 3 % to K-tionic[®] plus the 100 % of HNS and in 4 % to the HNS to 100 %, with these same treatment the FW was superior in 11 % to the HNS to 100 %. The control relative plus the 100 % of HNS, was superior in 21 and 17 % to control absolute (HNS100) in the FSN and HFN, respectively. The HS of CMDC plus the 100 % of HNS, was superior in 3 % to K-tionic[®] with the HNS 100 % in the PFW and 3 % in the PDW. In nutrimental elements, there is very significance statistical effect of the treatments, HS produce positive effects in pepper growth, but it is necessary to mix with chemical nutrimental elements.

Key words: *Humic Substances, Nutritive Solution, Capsicum annum*

INTRODUCCIÓN

En México, en los últimos 15 años, gracias al auge de la agricultura sostenible, el uso de sustancias húmicas (SH) se ha incrementado dentro de los modos de producción de hortalizas debido a que producen múltiples beneficios, ya que se infiere que intervienen directa e indirectamente en el crecimiento vegetal (Reyes *et al.*, 1999). No hay evidencia de que intervengan directamente en algunos procesos fisiológicos de la planta, como son la formación y respiración de raíces, además de síntesis de proteínas. Indirectamente actúan como suplidores de la nutrición vegetal, en forma similar a agentes ligantes sintéticos (quelatos), es decir, gracias a los grupos funcionales oxigenados libres (carboxilos – COOH y oxhidrilos – OH), los cationes son complejados y/o quelatados y posteriormente traslocados dentro de la planta (Orlov, 1995; López, 2002).

Orlov (1995), postuló que los grupos funcionales libres oxigenados, son los principales agentes que pueden adsorber o quelatar a los cationes, aunque en función de la naturaleza de éstos, así los ácidos húmicos quelatan con mayor facilidad los cationes metálicos y los ácidos fúlvicos, los alcalinos y alcalino-térreos (Senn y Godley, 2000). Los grupos funcionales libres carboxilos (-COOH) aumentan, mientras que los oxidrilos fenólicos (-OH) disminuyen en los ácidos fúlvicos y viceversa en los ácidos húmicos; lo anterior se debe a una probable deprotonación de los grupos funcionales, lo cual es determinante porque el número total de éstos reaccionan con cationes y además, la capacidad de adsorción puede ser afectada por el bloqueo de los grupos funcionales por cationes unidos a los minerales arcillosos del suelo (Senesi, 1994; Schnitzer, 2000).

La complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las SH's con respecto a los seres vivos, porque al quelatar a éstos, se facilita su disponibilidad (López, 2002). Sin embargo, el proceso anterior podría no ser explicado con el incremento en la disponibilidad de elementos nutrimentales, sino que otros mecanismos podrían ser considerados tales como el de oxidación-reducción (Shenker *et al.*, 1995) y el de transporte activo de cationes (Salisbury y Ross, 1994; Marschner, 1995).

En términos generales, la respuesta de las plantas es más grande a la aplicación de los ácidos fúlvicos que a la de los ácidos húmicos (Schnitzer, 2000). En plantas de tomate, los ácidos húmicos estimulan la longitud de raíces en 54 por ciento y tallos en 146 por ciento, más que el testigo cuando las plantas fueron producidas en una solución nutritiva, mientras que al adicionar ácidos fúlvicos, la longitud de los tallos fue de 170 por ciento y las raíces solo del 10 por ciento mayor que el testigo (Reyes *et al.*, 1999). La adición de ácidos fúlvicos tuvo como consecuencia que el hierro fuera más abundante

en el tejido vegetal de follaje de tomate (Cuevas, 2001) y de calcio en melón (Serna, 2001).

En las raíces, hojas y puntos de crecimiento jóvenes hay una mayor respuesta a las SH que en tejidos mas viejos, por lo que los tejidos jóvenes activan el mecanismo de transporte que mueve los nutrientes requeridos a sitios de actividad metabólica. En éstos, se muestra un incremento en el peso de la planta comparado con aplicaciones foliares a hojas mas viejas. La actividad en partes jóvenes de las plantas involucró división celular y otros procesos de crecimiento, además de los elementos nutrimentales y compuestos reguladores de crecimiento, en contraste con partes de plantas mas viejas en el cual los procesos metabólicos son mas lentos e incapaz de eficientar las SH y nutrientes asociados utilizados (Pettit, 2004).

Los fertilizantes químicos producen rendimientos aceptables, sin embargo, por su costo el uso de ellos es cada vez mas restringido, además de que los suelos se salinizan por su poder residual. Se asume que el uso de sustancias húmicas tienen una papel primordial en la nutrición y crecimiento vegetal, sin embargo, el o los mecanismos mediante el cual sucede lo anterior, no está dilucidado con claridad.

Por lo comentado, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de sustancias húmicas extraídas de diferentes compostas y mezcladas con diferentes dosis de solución nutritiva Hoagland en la nutrición y crecimiento del chile, en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las Substancias Húmicas

Las SH empleadas fueron extraídas de tres compostas de origen diverso: de estiércol de bovino mezclado con residuos de cocina (EB+DC), de estiércol de bovino más harina de maíz (EB+HM) y estiércol de caprino mezclado con paja de soya (EC+PS). Para la elaboración de las compostas, los materiales fueron colocados en recipientes (“reactores”) de plástico de 200 L⁻¹ sobresaturados con agua. Después de 30 días se elaboró una suspensión con 200 ml de hidróxido de sodio (NaOH, 1M)(Control Técnico y Representaciones, Monterrey, Nuevo León, México) y cinco gramos de cada composta previamente secada al aire, la cual se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente de laboratorio. De esta manera fueron extraídas las SH (ácidos húmicos y fúlvicos) y con ácido sulfúrico (H₂SO₄, al 10 %), se le disminuyó el pH de 11 a 6.5 para posteriormente ser aplicadas al cultivo de chile. A las SH se les midió la cantidad de ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), de acuerdo a la metodología modificada por López (2002) y por reacción ácido-base se les midió la acidez total (AT), los grupos funcionales libres carboxilos (-COOH) y los oxidrilos fenólicos (-OH).

Las Substancias Húmicas en el Crecimiento del Chile

En un invernadero del *Campus* sede de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro,” localizada en la Ex – Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23’ de latitud norte, a los 101° 00’ de longitud oeste y a una altura de 1742 msnm, se colocaron charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, con una mezcla de sustrato “peat moss” más “perlita” a una relación de 1:1 y como fertilización la dosis óptima de la solución nutritiva Hoagland (<http://g.unsa.edu.ar/asades/actas2000/02->)13.html y se produjeron plántulas de chile

“anahaim” del cultivar Joe Parker. Con cuatro hojas verdaderas (35 días después de la siembra, con una altura promedio de 15 cm) fueron trasplantadas a macetas con 18 kg⁻¹ de suelo, del horizonte Ap de un Calcisol (WRB, FAO/UNESCO,1994).

Las SH se aplicaron en dosis de 0.5 ml L⁻¹ de agua, mezcladas con la solución nutritiva Hoagland (SNH) para Chile en hidroponía en tres niveles: 0 % 50 % y 100 %. Dicha solución se usó también como testigo absoluto a las cantidades de 0, 50 y 100 %. Una SH comercial denominada K-tionic[®] (producida por Grupo Bioquímico Mexicano) se empleó como testigo relativo y se mezcló con el 0, 50 y 100 % de la SNH. Lo anterior proporcionó 15 tratamientos (Cuadro 1), los que fueron distribuidos de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar con un arreglo factorial 5x3 con tres repeticiones (cada repetición fueron 3 plantas).

Los tratamientos fueron aplicados cada semana a partir del transplante y únicamente riego cada tercer día, cuyo pH del agua fue de 7.0

Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo (DT), número de frutos amarrados (NFA), número de frutos cosechados (NFC), peso de fruto (PF), peso fresco (PFP) y seco de planta (PSP). La variable NFA fue un promedio de 16 lecturas realizadas semanalmente, mientras que el peso de fruto fue el total de frutos cosechados en el ciclo. El total de cortes fue de nueve; además, al término del ciclo al tejido vegetal del follaje con el espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer-2380), se determinó el contenido de Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zinc (Zn). Nitrógeno total (Nt) (método Kjeldahl) y Fósforo por colorimetría con el método Olsen (Colorímetro MILTON ROY, Spectronic 20D).

El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza (ANVA) y prueba de medias (Tukey, 0.05 %), para lo cual se empleó el programa de computadora de Statistical Analysis System (SAS).

Cuadro 1.- Distribución de los tratamientos de sustancias húmicas de diverso origen aplicados al chile, en invernadero

Tratamiento	Substancia Húmica	Dosis SH ml L ⁻¹	Solución Nutritiva Hoagland
1	EB+DC	0.5	100 %
2	EB+DC	0.5	50 %
3	EB+DC	0.5	0 %
4	EB+HM	0.5	100 %
5	EB+HM	0.5	50 %
6	EB+HM	0.5	0 %
7	EC+PS	0.5	100 %
8	EC+PS	0.5	50 %
9	EC+PS	0.5	0 %
10	K-tionic [®]	0.5	100 %
11	K-tionic [®]	0.5	50 %
12	K-tionic [®]	0.5	0 %
13	SNH	0	100 %
14	SNH	0	50 %
15	SNH	0	0 %

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupos Funcionales de los Ácidos

La cantidad de grupos funcionales carboxilos (-COOH) de los ácidos fúlvicos extraídos de EC+PS, EB+HM y EB+DC, superaron al testigo (K-tionic[®]) en 628, 175 y 175 por ciento respectivamente, mientras que la de los grupos oxidrilos (-OH) de los ácidos húmicos obtenidos de EB+DC, lo efectuaron en 252 por ciento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de sustancias húmicas (SH), acidez total (AT), grupos funcionales carboxilos (-COOH) y grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (-OH) de ácidos húmicos y fúlvicos extraídos de tres compostas y un producto comercial.

Substancias húmicas	SH (%)	A T Cmol _c Kg ⁻¹	-COOH Cmol _c Kg ⁻¹	-OH Cmol _c Kg ⁻¹
EB+DC-AH	3.20	620	240	380
EB+DC-AF	3.0	560	204	356
EB+HM-AH	4.30	246	56	190
EB+HM-AF	2.20	270	204	366
EC+PS-AH	4.60	680	409	271
EC+PS-AF	3.80	736	536	197
K-tionic [®]	25.0	182	74	108

Cmol_c Kg⁻¹ = Meq 100 g

Algunos de los resultados muestran concordancia con lo establecido por Schnitzer (2000) y Orlov (1995), al concluir que los ácidos fúlvicos son más oxidados que los ácidos húmicos porque contienen mayor cantidad de grupos -COOH, sin embargo, lo anterior no es válido para los ácidos húmicos obtenidos de estiércol de bovino más desperdicios de cocina (AH-EB+DC), ya que estos poseen mayor cantidad de grupos funcionales -OH, debido a que varían de acuerdo al tipo de materia orgánica de donde provengan (Fründ *et al.*, 1994). Así, los ácidos fúlvicos son más ricos en oxígeno y gracias a esto, los grupos funcionales son capaces de involucrarse en la quelatación de iones metálicos (Linehan, 1985).

Efecto de las Substancias Húmicas en el Crecimiento del Chile

En forma general se encontró que el comportamiento de las SH presentaron un efecto estadístico significativo sobre DT, NFA, NFC, PF, PFP y PSP y un efecto altamente significativo por las dosis de fertilización (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Diámetro de tallo (DT), número de frutos amarrados (NFA) y cosechados (NFC), peso de fruto (PF), peso fresco (PFP) y seco de planta (PSP) de chile “chilaca” al adicionar sustancias húmicas y dosis de fertilización, en invernadero.

Tratamientos	DT (mm)	NFA	NFC	PF (g)	PFP (g)	PSP (g)
EBDC + SNH 100 %	11.60 a*	5.85 a	15.66 a	490.10 b	299.44 a	68.66 a
EBDC + SNH 50 %	12.83 a	6.45 a	16.33 a	714.30 a	372.77 a	90.33 a
EBDC + SNH 0 %	11.51 a	5.48 b	10.66 b	350.99 b	206.11 b	52.22 b
EBHM + SNH 100 %	13.23 a	7.55 a	17.33 a	692.00 a	416.11 a	93.88 a
EBHM + SNH 50 %	12.39 a	7.22 a	17.33 a	637.88 a	348.33 a	80.55 a
EBHM + SNH 0 %	11.50 a	5.21 b	12.00 b	430.09 b	221.66 b	52.77 b
ECPS + SNH 100 %	13.43 a	7.79 a	17.66 a	734.65 a	409.44 a	91.11 a
ECPS + SNH 50 %	12.27 a	6.65 a	16.66 a	670.64 a	345.55 a	82.22 a
ECPS + SNH 0 %	11.40 b	3.92 b	11.00 b	463.40 b	193.33 b	51.11 b
K-tionic® + SNH 100 %	12.97 a	8.02 a	18.33 a	672.23 a	401.11 a	91.11 a
K-tionic® + SNH 50 %	12.84 a	6.34 a	16.66 a	731.07 a	401.11 a	86.66 a
K-tionic® + SNH 0 %	10.92 b	4.72 b	12.33 b	464.46 b	193.55 b	51.11 b
SNH 100 %	12.84 a	6.62 a	15.66 a	660.12 a	348.55 a	83.89 a
SNH 50 %	12.81 a	6.02 a	15.66 a	491.09 a	330.55 a	80.55 a
SNH 0 %	8.73 b	0.94 b	4.33 b	114.51 b	150.00 b	38.16 b

* Los valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey, 0.05 %

El valor promedio del DT fue de 13.43 mm al adicionar las SH extraídas de la composta elaborada con ECPS más el 100 % de la SNH, lo que representa una ventaja de 3 y 4 por ciento sobre el testigo relativo y absoluto más el 100 % de la SNH, mientras

que el PF con el mismo tratamiento fue de 734 g-1 logrando ser superior en 11 por ciento a la SNH al 100 %. En el número de frutos amarra[®] dos y frutos cosechados el testigo relativo mezclado con el 100 % de la SNH (K-tionic + 100 % SNH), alcanzó un promedio de 8 y 18, respectivamente, lo que significa un aumento del 21 y 17 por ciento más que la SNH sola al 100 %. Cuando se adicionaron las SH de EBHM con el 100 % de la SNH, el promedio de peso fresco de planta fue de 416.11 g⁻¹ y de 93.88 g⁻¹ de peso seco. Esto significa 3 y 19 por ciento superior a ambos testigos mezclados con el 100 % de la SNH, para la primer variable; en la segunda variable se presentó una situación similar, solo que el tratamiento mencionado sobresalió en 3 y 5 por ciento, respectivamente sobre ambos testigos.

De manera general se puede establecer que al aplicar las diversas SH hay diferencia estadística en el PF, mientras que en PFP y PSP no, en relación al testigo absoluto (SNH). En PF al aplicar las SH extraídas de EBDC, EBHM, ECPS y el testigo relativo (K-tionic[®]) superaron en 23, 39, 48 y 47 por ciento al testigo absoluto (SNH), respectivamente. En PFP y PSP al adicionar las mismas SH el testigo se vio aventajado en 5, 18, 14 y 19 por ciento para la primer variable y 4, 11, 10 y 13 por ciento para la segunda (Figura 1).

Al adicionar la dosis al 100 % de la SNH el PF aventajó en 78.5 por ciento sobre aquellas plantas a las que se les aplicó únicamente el agua mas las SH, mientras que la dosis al 50 % de la SNH fue mayor en 78.2 por ciento sobre el mismo testigo. En el PFP y PSP al aplicar la dosis al 100 % de la SNH se logró un incremento del 94 y 86 por ciento en la primer variable, mientras que para la segunda, al poner la SNH al 50 %, incrementó en 75 y 71 por ciento con relación al mismo testigo (Figura 2). En PF, PFP y

PSP se muestra de manera general la similitud de los resultados al adicionar la SNH al 100 y 50 %.

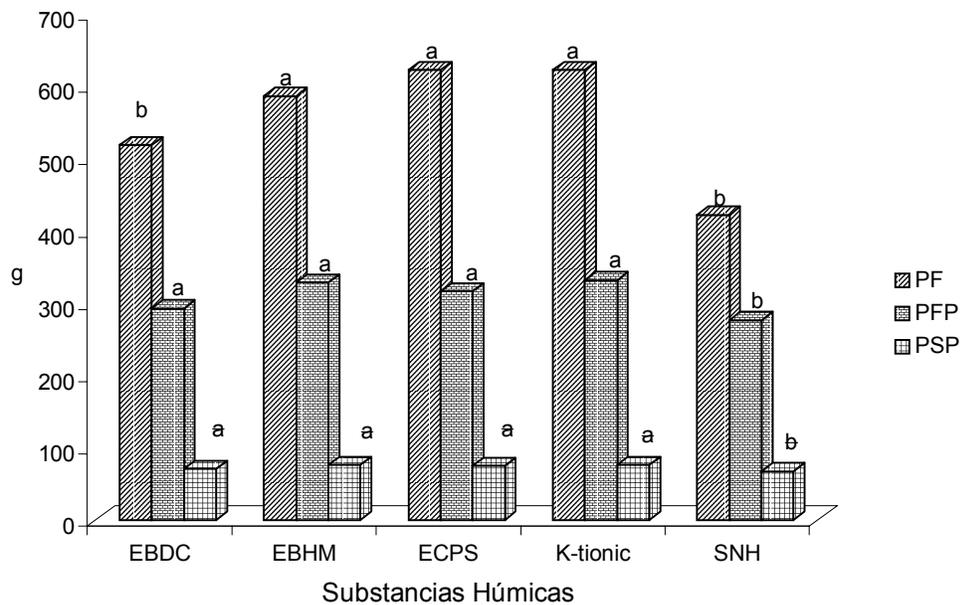


Figura 1. Peso de fruto (PF), peso fresco de planta (PFP) y peso seco de planta (PSP) de Chile “chilaca” al adicionar tres sustancias húmicas extraídas de compostas

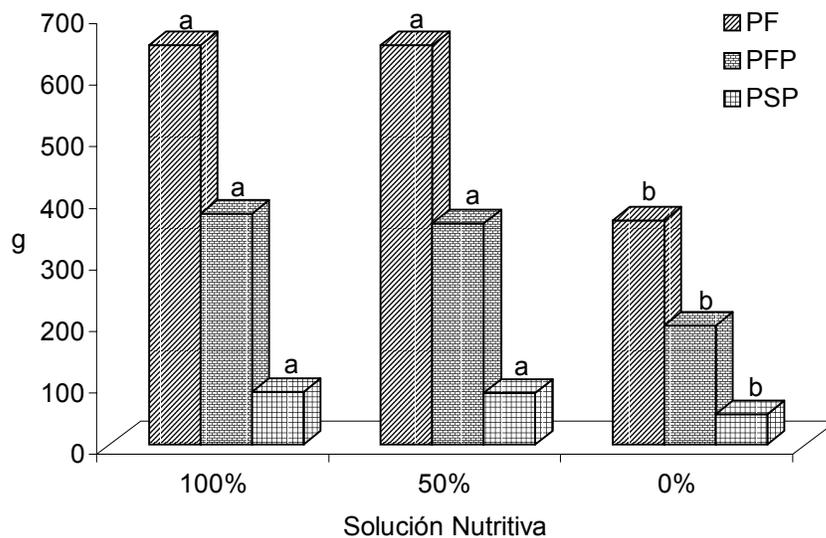


Figura 2. Peso de fruto (PF), peso fresco de planta (PFP) y peso seco de planta (PSP) de Chile “chilaca” al adicionar tres dosis de solución nutritiva Hoagland.

Elementos Nutrimientales

De manera general se puede establecer, que existe un efecto altamente significativo tanto de las SH's y sus dosis (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración del Nt, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe y Zn en tejido vegetal del follaje de chile al final del ciclo, en invernadero.

TRATAMIENTOS	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Fe	Zn
	%				mL ⁻¹ kg				
EBDC+SNH100%	1.21a ^v	6.27a	3.23a	6.01a	4058a	83.33a	23.33b	189.33b	84.66b
EBDC+SNH50 %	1.23a	6.13ab	3.25a	6.21a	4218a	83.33a	26.66b	150.00b	94.33b
EBDC+SNH0 %	0.65b	5.58b	2.08b	5.89b	3820b	74.60b	36.66a	116.33c	151.3a
EBHM+SNH100%	1.60a	6.47a	2.99a	6.13a	4270a	88.00a	26.66b	156.33b	83.66b
EBHM+SNH 50 %	1.35a	6.28ab	2.84a	6.44a	4060a	83.00a	26.66b	148.33b	79.33b
EBHM+SNH0%	0.87b	5.76b	1.55b	5.70b	3873b	74.23b	40.00a	133.66b	116.6a
ECPS+SNH100%	1.26a	6.73a	3.54a	6.54a	4220a	92.00a	30.00b	233.33a	65.66b
ECPS+SNH50%	1.22a	6.15ab	2.89a	6.39a	4300a	89.00a	30.00b	393.00a	70.66b
ECPS+SNH0%	0.93b	5.57b	1.56b	5.35b	3980b	75.30b	43.34a	182.33b	128.3a
K-tionic [®] + SNH100%	1.57a	6.37a	3.30a	6.57a	4273a	100.0a	30.00b	143.66b	62.66b
K-tionic [®] + SNH50%	1.17a	5.83ab	3.27a	6.75a	4256a	94.30a	23.33b	130.33b	85.00b
K-tionic [®] +SNH0%	0.93b	5.36b	1.92b	5.10b	3991b	75.30b	43.33a	110.00c	136.0a
SNH 100 %	1.17a	5.89a	2.28a	6.62a	4230a	83.00a	26.66a	130.00b	71.00b
SNH 50 %	1.04a	5.57ab	2.20a	6.50a	4193a	80.33a	23.33a	111.00c	61.33b
SNH 0 %	0.36b	4.06c	1.63b	4.50b	3400b	65.33b	13.33b	71.00 c	49.33 c

^v Los valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey, 0.05 %

Al adicionar las SH de EBHM con el 100 % de la SNH, provocó que el tejido vegetal del follaje presentara 1.60 por ciento de N total, promoviendo una ventaja de 4

por ciento al testigo relativo más el 100 % de la SNH (K-tionic[®] + SNH100) y 36 por ciento sobre la SNH al 100 %.

Cuando se aplicaron las SH de ECPS mezclado con el 100 % de la SNH, se obtuvo 6.73 por ciento de P y 3.54 por ciento de K, lo que ocasionó que el P superara en 1 y 36 por ciento a ambos testigos con el 100 % de la SNH, mientras que el contenido de K en respuesta al mismo tratamiento aventajó en 7 y 55 por ciento en relación a los mismos testigos.

El valor promedio del calcio fue de 6.75 por ciento y el testigo relativo mezclado con el 50 % de la SNH (K-tionic[®] + SNH50), promovió un aumento del 1 por ciento, con relación a la SNH al 100 %.

En el Mg se midieron 4300 mL⁻¹ kg y en Fe 393.0 mL⁻¹ kg en respuesta a la adición de SH provenientes de ECPS mezclados con el 50 % de la SNH, en el caso del primero este tratamiento aventajó en 0.63 y 1.6 por ciento a ambos testigos mezclados con el 100 % de la SNH, mientras que en el segundo lo superó en 73 y 202 por ciento sobre ambos testigos.

El contenido de Mn fue de 100 mL⁻¹ kg, esto aumentó 20 por ciento más que la SNH al 100 % al adicionar el testigo relativo con el 50 % de la SNH. En respuesta a la adición de las SH provenientes del ECPS sola, se presentaron 43.34 mL⁻¹ kg de Cu, por lo que promovieron un aumento del 0.02 por ciento, respecto al testigo relativo solo y un 62 por ciento sobre la SNH al 100 %. La cantidad de Zn fue de 151 mL⁻¹ kg lo que ocasionó un aumento de 11 por ciento en relación al testigo relativo solo y en 112 por ciento sobre la SNH al 100 % (Cuadro 4).

Los contenidos de N del tejido vegetal de follaje sobrepasaron en 19, 47, 32 y 41 por ciento al testigo absoluto (SNH), cuando se colocaron las SH extraídas de EBDC,

EBHM, ECPS y el testigo relativo (K-tionic[®]). En el P, cuando se adicionaron las mismas sustancias, aumentaron los valores en 15, 19, 18 y 13 por ciento, mientras que en el K se aventajó en 39, 20, 30 y 38 y en Ca 2, 3, 3 y 4 por ciento sobre el testigo absoluto (SNH). (Figura 3).

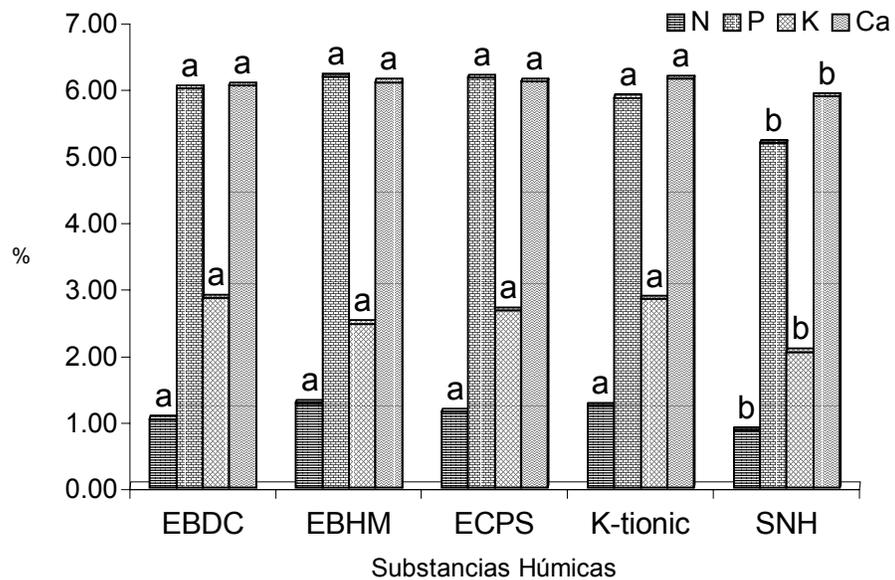


Figura 3. N, P, K y Ca en tejido vegetal del follaje de chile al aplicar tres sustancias húmicas extraídas de compostas.

Al aplicar las SH mezcladas con una dosis mínima de fertilización (50 %), los valores de los elementos nutrimentales en el tejido vegetal de follaje, sobrepasaron a los obtenidos donde solo se adicionaron las soluciones nutritivas, porque éstas son excelentes fertilizantes en combinación con elementos nutrimentales y pueden promover el crecimiento del follaje, raíz y fruto. En la presente experiencia, los ácidos fúlvicos extraídos de la composta elaborada con la mezcla de estiércol de caprino y paja de soya (ECPS), fueron los más oxidados ($AT=736 \text{ Cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$), esto indica que estas

substancias están bien polimerizadas, ya que los grupos funcionales libres carboxilos (-COOH), actuaron como agentes ligantes naturales de los iones y posteriormente los colocaron disponibles para la planta (Fründ *et al*, 1994; Orlov, 1995; Schnitzer, 2000). Aquí es necesario considerar el número de cargas eléctricas negativas de las moléculas orgánicas, las cuales pudieron ser equilibradas por las cargas positivas de los cationes de la solución nutritiva (Orlov, 1995; Harter y Naidu, 1995). La atracción electrostática de los cationes metálicos por los sitios aniónicos en las SH evitó de cierta manera la lixiviación de los nutrimentos. El AH y el AF tienen gran afinidad por los cationes metálicos como el Fe, Cu, Zn, Mg, Mn y Ca, por ello los colocaron disponibles a las raíces y su posterior conducción a las hojas de la planta. Además, la mezcla de las SH con cantidades mínimas de elementos nutrimentales, incrementó dramáticamente la eficiencia de los fertilizantes, lo que se reflejó en los valores de DT, NFA, NFC, PF, PFP y PSC y se comprobó que las SH no son fuente de nutrimentos por si solas, ya que una carencia de éstas provoca que los requerimientos nutrimentales sean cada vez mayores (Pettit, 2004).

CONCLUSIÓN

Las sustancias húmicas producen efectos positivos en el crecimiento del chile, solo que es necesario mezclarlas con elementos esenciales para las plantas.

REFERENCIAS

1. Cuevas P. A. 2001 Control de la clorosis ferrica en el tomate por fulvato de hierro . Tesis de Maestría Dpto. de Horticultura. UAAAN

2. Fründ R., Guggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kogel-Knaber, H.-D. Lüster, W. Zech and Mspiterller. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soli humic substances and ähtheir ecological relevance. Z. Pflanzenernä. Bodeenk, 157:175-186.
3. Harter, R. D. and R, Naidu. 1995 Role of Metal- Organic Complexation in Metal Sorption by Soils, in Advances in Agronomy. (Ed.) D. L. Sparks, vol. 55: 219-263.
4. López C. R. 2002 comportamiento de sustancias húmicas de diversos orígenes en la física de un suelo limo-arcilloso y en la fisiología de tomate, . Tesis de doctoral departamento de suelos. UAAAN
5. Linehan, D. 1985. Soil Biology and Biochemistry. 8: 511-517.
6. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of plants, second edition. Academic Press Limited.
7. Orlov, D. S., 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT, USA.
8. Reyes L. A., A. Campos, V., R. López C., y J. A. Ramírez C. 1999. Efecto del Ácido Fulvico en la mezcla con una solución Nutritiva en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). III Encuentro Brasileiro sobre Substancias Humicas. Resumos de Palestras e Trábalos Apresentados em Posters. Universidad Federal de Santa Maria . Programa de Pos- graduacao en Agronomía Depatamento de solo: Grupo Brasileiro de Sociedad Internacional de Substancias Húmicas. Santa María, Brasil. Pp. 161-163.
9. Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1994 . Fisiología Vegetal. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F.
10. Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.) Advances in Agronomy, Academic Press. Vol. 98: 3-58.
11. Serna, A. R. M. 2001. Acido Fulvico en Solución Nutritiva para mejorar la calidad de Plántula y el Rendimiento en Melón. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura. UAAAN.
12. Senesi, N. 1994. 15th world Congress of Soil Cience. Vol. 3a Comission II: Symposia. Acapulco, México.
13. Shenker, M., Ghiraldo, R., Oliver, I. Hadar, Y., Chen, Y. 1995. Soil Sci. Soc. Am. J.59:837-843.

14. Senn, TL,. Godley, WC. 2000. Horticulture Department Research Series No 165. The South Carolina Agriculor Experimental Station. Clemson, South Carolina.

15. Pettit E Robert. 2004. Organic Matter, humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid, and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Healt. <http://www.humate.info/>

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

CONCLUSIÓN

Se encontró que las sustancias húmicas extraídas de la composta elaborada de estiércol de caprino con paja de soya y el K-tiónic[®], mezclados con el 100 y 50 por ciento de la solución nutritiva Hoagland, incrementaron el diámetro de tallo, peso de fruto, número de frutos amarrados, número de frutos cosechados, peso fresco y seco de planta, con respecto a la solución nutritiva sola al 100 y 50 por ciento.

LITERATURA CITADA

- Aleksandrova, I.V. 1994. Interactions of structural units and the strength of their fixation in molecules of humic-substances. *Eurosian Soil Science*, 26 (2): 35-43.
- Atlas, R.M. 1984. *Microbiology. Fundamentals and applications*. Macmillan Publishing Company, New York, New York.
- Bohn H. L., Mcneal B. L., Connor G. 1993. *Química del suelo* editorial limusa primer edición, México DF. México.
- Cameron, K. C., R. G. McLaren, and J.A. Adams. 1989. Application of municipal sewage to low fertility forest soils: the fate of nitrogen and heavy metals. *Soil Sci. Soc. Am. J.* pags. 467-482
- Chen, Y., and T. Aviad. 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: "selected readings"*. Eds. C.E. Mac Carrthy, R. L. Clapp, P. Malcolm and P.R. Bloom, Wisconsin, U.S.A. Pp. 161-186.
- Cuevas P. A. 2001 Control de la clorosis ferrica en el tomate por fulvato de hierro. Tesis de Maestría Dpto. de Horticultura. UAAAN
- Duchaufour, Ph. 1984. *Edafología. 1. Edafogénesis y Clasificaciones*. Ed. Masson, S.A. Barcelona.
- Fründ R., Guggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kogel-Knaber, H.-D. Lüster, W. Zech and Mspiterlller. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of solid humic substances and their ecological relevance. *Z. Pflanzenernäh. Bodeenk*, 157:175-186.
- Guminiski. S., J. Sulej and J. Glabiszewski. 1983. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 52: 149-164.
- Linehan, D. J. 1978. Humic acid and nutrient uptake by plants. *Plant Soil*. 50:663-670.
- Orlov, D. S., 1995. *Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification*. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT, USA.

- Rauthan B.S. and Schnitzer M. 1981. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis Sativus*) plants, plant and soil, 63, 491-495.
- Rashid, M. A. 1972. Role of humic acids of marine origin and their different molecular weight fractions in complexing di-and-tri-valent metals. *Soil Sci.*, 111:298-306.
- Reyes L. A., A. Campos, V., R. López C., y J. A. Ramírez C. 1999. Efecto del Ácido Fulvico en la mezcla con una solución Nutritiva en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). III Encuentro Brasileiro sobre Substancias Humicas. Resumos de Palestras e Trábalos Apresentados em Posters. Universidad Federal de Santa Maria . Programa de Pos- graduacao en Agronomía Depatamento de solo: Grupo Brasileiro de Sociedad Internacional de Substancias Húmicas. Santa María, Brasil. Pp. 161-163.
- Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1994 . *Fisiología Vegetal*. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F.
- Schnitzer, M. 1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions: in *Soil Organic matter* (Ed.) Schnitzer and Khan. *Soil Organic Matter*. Elsevier, Amsterdam.
- Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter- The Next 75 Years. *Soil science*. Vol. 151. No 1. pag. 41-58.
- Schnitzer M. 1982. Transmission Electron Microscopy of Extracted Fulvic and Humic Acids. *Soil Sci*. 133: 179-185.
- Schnitzer, M., and H. R. Shulten. 1995. Analysis of Organic Matter in Soil Extracts and Whole Soils by Phrolysis-Mass Spectrometry. *Advances in Agronomy*, Vol. 55:167-217.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.) *Advances in Agronomy*, Academic Press. Vol. 98: 3-58.
- Serna, A. R. M. 2001. Acido Fulvico en Solución Nutritiva para mejorar la calidad de Plántula y el Rendimiento en Melón. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- Stevenson, F. 1982. *Humic Chemistry: Genesis, Composition, and Reactions*. Wiley, New York, USA.
- Stevenson, F. J., and Goh, K. M. 1972. Infrared Spectra of Humic and Fulvic acids and their methylated derivatives: evidence for non-specificity of analytical methods for oxygen-containing functional groups. *Soil Sci.*, 113: 334-345.
- Vaughan, D. and R.E. Malcolm. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Eds. D. Vaughan and R.E. Malcolm. Pp 37-76. Marinus Nijhoff/Junk Publ., Dordrecht.

Yano, Y., W. H. McDowell, and N. E. Kinner, 1998. Quantification of Biodegradable Dissolved Organic Carbon in Soil Solution with Flow-Through Bioreactors. *Soil Sci. Am. J* 62: 1556-1564.