

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO**



**Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plántula de
Melón (*Cucumis Melo* L.)**

Por:

PEDRO ELIAS VÁZQUEZ VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buнавista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo de 2012.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plántula de Melón (*Cucumis Melo L.*)

Por:

Pedro Elías Vázquez Vázquez.

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

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobado por:


Dr. Rubén López Cervantes

Asesor principal


Dr. Edmundo Peña Cervantes

Sinodal


Mc. Antonio Lizaliturri Veraztegui

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Sinodal


Mc. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería
Coordinación de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo de 2012

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme la vida, fuerza, salud y voluntad y por haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida y realizarme como persona. Jamás dejare de confiar en ti.

A MI ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:

Por haberme cobijado entre sus aulas y por la oportunidad brindada, que me sirvió para superarme profesionalmente y por enseñarme el valor que tiene la agronomía.

Al Dr. Rubén López Cervantes:

Por su paciencia, valiosa e incondicional asesoría en la revisión del presente trabajo y por compartir sus anécdotas, lo admiro mucho y gracias por todo.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes:

Por su valiosa e incondicional asesoría y tiempo dedicado en la revisión del presente trabajo.

Al Mc. Antonio Ilizaliturri Veraztegui:

Por su valiosa asesoría y por sus grandes aportes en la revisión del presente trabajo.

A la empresa MICARE (Minera Carbonífera de Río Escondido) por haberme brindado la oportunidad de realizar mis practicas profesionales en sus instalaciones.

A todos los profesores de la universidad que me impartieron clases, por los conocimientos que adquirí de ellos, por contribuir en mi formación y por que me hicieron la persona que hoy en día soy.

DEDICATORIAS

Con especial dedicación a mis padres:

Sra. Amada Vázquez Gutiérrez

Sr. Pedro Elías Vázquez Ruiz

Con mucho cariño, aprecio y admiración a ti madrecita por tu ternura y amor que nunca me faltó y además por enseñarme que en la vida hay que tener paciencia para hacer las cosas y no caer en la desesperación que solamente así se puede llegar a los objetivos que uno se propone. A ti padre por tu confianza y enseñarme a ser un hombre de bien, humilde y sencillo, sobre todo por tus sabios consejos. Ustedes fueron mi inspiración para llevar a cabo esta etapa en mi vida profesional, siempre serán mi ejemplo a seguir pues ustedes me dieron la educación que no se aprenden en las aulas, los amo con todo mi corazón, les estaré eternamente agradecido y espero no defraudarlos mientras DIOS me regale más tiempo de vida.

A mis hermanos:

Andersy, Jorge y Amada, más que hermanos ustedes son mis más grandes y mejores amigos. Por los buenos y malos momentos que juntos vivimos, por su apoyo moral y la confianza que depositaron en mí, me enseñaron que con voluntad y estando siempre juntos se pueden hacer las cosas, en especial a ti mi hermano Jorge por enseñarme a ver las cosas de otra manera. Los llevaré siempre en mi corazón, me siento muy orgulloso de ustedes y gracias por todo.

A la familia:

Vázquez Gutiérrez y Vázquez Ruiz, gracias por el gran apoyo moral que incondicionalmente me brindaron, especialmente a mis tíos Odel, Héctor y Luis por los gratos e inolvidables momentos que juntos compartimos y por todos los ánimos que ustedes me dieron para seguir adelante. Les tengo un profundo respeto y admiración.

A mis compañeros de generación:

A todos mis compañeros de la generación CX de la carrera Ing. Agrícola y Ambiental gracias por su amistad brindada. En especial a Edgar, Javier, y Bertimeo por los buenos e inolvidables momentos que juntos solíamos pasar y a todos con los que de una u otra manera compartimos buenos momentos.

A mis compañeros de cuarto:

Licho, Toñy, Isai por los buenos momentos que juntos compartimos en el internado.

A mis queridos amigos.

Merino, Noé, Abelardo, José Juan y el Calle 13 por su incondicional y valiosa amistad que siempre me han brindado y de saber que siempre puedo contar con ustedes en todo.

¡GRACIAS A TODOS!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURA	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	4
HIPOTESIS	4
REVISION DE LITERATURA	5
Origen del Melón.....	5
Generalidades del Melón.....	6
Generalidades de la Leonardita.....	6
Formas en que se encuentra el Humus.....	8
Las Sustancias Húmicas (SH).....	8
Efecto de las Sustancias Húmicas en el Crecimiento Vegetal.....	11

Absorción de Sustancias Húmicas.....	15
Las Sustancias Húmicas en la Producción de Hortalizas.....	17
Los Ácidos Húmicos (AH).....	20
Los Ácidos Fúlvicos (AF).....	21
MATERIALES Y METODOS.....	25
Localización del Área Experimental.....	25
Características Generales del Área experimental.....	25
Metodología.....	26
Análisis de raíz.....	27
RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
Longitud de Raíz.....	28
Peso Fresco y Seco de Raíz.....	29
Peso Fresco y Seco del Tallo.....	32
Peso Fresco y Seco de Hoja.....	34
Longitud de Tallo.....	36
Área y Diámetro de Cuello Radicular.....	37
DISCUSION.....	43

CONCLUSION.....	44
LITERATURA CITADA.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro	pagina
Cuadro 1.- Análisis de varianza para longitud de raíz de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	28
Cuadro 2.- Análisis de varianza para peso fresco de raíz de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	30
Cuadro 3.- Análisis de varianza para peso seco de raíz de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	31
Cuadro 4.- Análisis de varianza para peso fresco de tallo de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	32
Cuadro 5.- Análisis de varianza para peso seco de tallo de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	33
Cuadro 6.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	34
Cuadro 7.- Análisis de varianza para peso seco de hoja de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	35
Cuadro 8.- Análisis de varianza para longitud de tallo de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	pagina
Figura 1.- Invernadero del Área Experimental del Departamento de Ciencias del Suelo.....	25
Figura 2.- Longitud de raíz de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	29
Figura 3.- Peso fresco y seco de raíz de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	31
Figura 4.- Peso fresco y seco de tallo de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	33
Figura 5.- Peso fresco y seco de hoja de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	35
Figura 6.- Longitud de tallo de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	37
Figura 7.- Área radicular de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	38
Figura 8.- Cuello radicular de plántula de melón, con la adición de SUSTANCIAS HUMICAS DE LEONARDITA.....	39

Figura 9.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 1 ml.litro ⁻¹ de agua.....	39
Figura 10.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 2 ml.litro ⁻¹ de agua.....	40
Figura 11.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 3 ml.litro ⁻¹ de agua.....	40
Figura 12.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 1 ml.litro ⁻¹ de agua.....	41
Figura 13.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 2 ml.litro ⁻¹ de agua.....	41
Figura 14.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 3 ml.litro ⁻¹ de agua.....	42
Figura 15.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de agua como testigo absoluto.....	42

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de sustancias húmicas de Leonardita en la calidad de plántula de melón, en un invernadero se colocaron charolas de poliestireno a las cuales se adicionaron "peat moss" con "perlita" relación 1:1 (p/p), como sustrato. Se sembraron semillas de melón del cultivar "Cantaloupe", de hábito de crecimiento determinado. Al momento de la siembra, se aplicaron 1, 2 y 3 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido húmico experimental de Leonardita, llamado ORGANIC FIELD SUELO (OFS) y las mismas cantidades de un ácido fúlvico experimental extraído de Leonardita denominado ORGANIC FIELD PLANTA (OFP). Solo agua fue empleada como testigo absoluto (TA). Cuando en la plántula, con todos los tratamientos, se presentó el primer par de hojas verdaderas, se les adicionaron el OFP, por vía foliar. A los 30 días, después de la siembra, a las plántulas se les midió: longitud de raíz (LR), peso fresco de raíz (PFR), peso seco raíz (PSR), peso fresco de tallo (PFT), peso seco tallo (PST), peso fresco de hoja (PFH), longitud de tallo (LT), área radicular (AR) y el diámetro radicular (DR). Al agregar 2 ml.litro⁻¹ de OFP se presentaron los valores superiores de LR, AR y DR; mientras que al aplicar 3 ml.litro⁻¹ de OFS, se aventajó al testigo en PSH y LT. Con la adición de 2 ml.litro⁻¹ de OFS se presentaron los más altos valores de PST y PSR; mientras que las cuantías de PFT y PFH más altos, fueron con 1 ml.litro⁻¹ de OFP. El PFR superior fue con solo agua. Se concluye que las dosis media del ORGANIC FIELD PLANTA, realizó efecto positivo en las variables medidas a la raíz y la dosis baja de este mismo compuesto, lo efectuó en el peso fresco de tallo y hoja; mientras que la dosis alta del ORGANIC FIELD SUELO, lo realizo en el peso seco de hoja y en la longitud del tallo de la plántula de melón.

Palabras clave: Sustancias húmicas, melón.

INTRODUCCIÓN

El melón, desde los años veinte, ha sido un producto generador de divisas para el país, fuentes de empleo e ingreso de utilidades para los productores agrícolas mexicanos. Sin embargo, es a partir de los años sesenta cuando su presencia toma importancia entre los productores, derivado de una mayor demanda tanto del mercado nacional como del internacional. Durante los últimos setenta y cinco años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica que representa en las zonas de cultivo, resultado de la mano de obra requerida para su manejo, empaque y comercialización, es el tercer producto agropecuario en el renglón de la captación de divisas. En México se cultivan 13 variedades de melón, entre las que destacan se encuentran las de tipo cantaloupe (chino, rugoso o reticulado) y Honey Dew (melón amarillo o gota de miel).

Algunas de nuestras regiones productoras han logrado tal nivel de especialización, que obtienen rendimientos más altos que los que logran países que tradicionalmente producen y exportan mayores volúmenes. Entre ellas destaca la zona de Colima, que en 1998 produjo en promedio 29.78 toneladas por hectárea, cantidad por arriba de la media de los cinco países con mayor productividad, que oscila entre 19 y 21 toneladas por hectárea. De hecho, los cinco principales estados productores de México tienen rendimientos superiores a ese promedio (Revista Claridades Agropecuarias, 2000).

En México, una de las técnicas más comunes para la producción de plántula, es en charolas germinadoras con el uso de sustratos, los cuales son un recurso natural no renovable y con altos costos (García, 2009). Una actividad importante para el posicionamiento del melón en ventanas óptimas de mercado, que permiten tener beneficios inmediatos en el precio de

venta, es la producción de plántulas en invernaderos, con lo que se puede adelantar el ciclo de cultivo, al tener reguladas las condiciones de luz, humedad y temperatura, reduciendo de 30 a 35 días el ciclo de producción en campo, lo que permite que se pueda establecer un segundo cultivo (Revista Claridades Agropecuarias, 2000).

El desarrollo de plántulas vigorosas con un crecimiento radical profuso, es un requisito para el trasplante, ya que les permite reponerse sin síntomas aparentes del estrés, causado al ser establecidas en campo y reanudar su desarrollo normal. La nutrición apropiada a partir de la siembra, en gran medida, contribuye al desarrollo de plántulas vigorosas (Kratky y Mishima, 1981). Uno de los factores que afectan el desarrollo vegetativo, la calidad y el crecimiento de las plántulas antes de ser trasplantadas al campo y después del trasplante, es la nutrición de la misma (Weston y Zandstra, 1989).

La fertilización, en esta etapa vegetativa, contribuye en gran medida a la producción de plántulas vigorosas, con tallos leñosos y buen crecimiento radical, lo cual permite disminuir el estrés al ser trasplantadas en campo. El método más usual de fertilización en esta etapa fenológica, es la aplicación de soluciones nutritivas en cada riego; sin embargo, el exceso de sales en la solución utilizada y, en ocasiones, la misma naturaleza salina del agua, incrementan la salinidad total y el pH del medio, inhibiendo el crecimiento de la plántula (Dufault, 1987).

(Schnitzer, 2000) Afirma que los agricultores, desde hace tiempos inmemorables, emplean compost como sustrato para producir la plántula, cuyo componente fundamental es el humus y este compuesto, junto con la Leonardita, están constituidos por las sustancias húmicas (SH), las que se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis y son definidas

como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos. Mientras que (Escobar, 2002) menciona que esto también se debe por el metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles.

Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, los que pueden provenir de los fertilizantes químicos, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros dominan los grupos funcionales carboxilos (-COOH) y para los segundos, los grupos oxhidrilos fenólicos (OH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000).

Por lo comentado, es conocido que con los fertilizantes químicos se soluciona el problema de la nutrición de cultivos, sin embargo, éstos salinizan los suelos por su poder residual, es por ello que se hace necesaria la búsqueda de metodologías ecológica y económicamente factibles. Una práctica común que los agricultores realizan desde tiempos inmemorables, es la adición de residuos tanto de origen vegetal como animal sin descomponer y humificados como son los compost y en los últimos 40 años, en México, el uso del mineral fósil de origen orgánico denominado Leonardita, con la finalidad de producir cultivos de alta calidad, pero, muy pocos trabajos se han concentrado en el estudio del efecto de estos últimos compuestos en la calidad de plántulas.

OBJETIVO

Determinar la efectividad de sustancias húmicas de Leonardita en la calidad de plántula de melón, producida en invernadero.

HIPOTESIS

Al menos una dosis y una sustancia húmica de Leonardita, tiene efecto positivo en la calidad de plántula de melón, producida en invernadero.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Melón

El melón es una especie originaria de África y Asia. Aunque no se han podido localizar sitios con presencia de plantas silvestres, se considera que los inicios de su cultivo se remontan a 2 400 años A.C. en territorio Egipcio. Al inicio de la era cristiana, el melón ya era conocido y quizá provenía de la India, Sudán o los desiertos Iraníes; trescientos años después estaba muy extendido en Italia. Durante la Edad Media, al parecer, desapareció del sur de Europa, con excepción de España, que era dominada por los árabes, quienes utilizaban camas de estiércol para adelantar el cultivo.

Las expediciones comerciales del siglo XVII favorecieron en gran medida la dispersión del melón, llegando a todos los rincones del orbe, lo que permitió, en cierta forma, el desarrollo de las principales especies conocidas hoy en día. A principios de los años cincuenta, en Europa, el melón todavía era un producto de lujo, cultivado bajo formas muy esmeradas, con sistemas de protección climática o bien al aire libre, destinado a ser consumido únicamente en las regiones productoras como fruto de temporada. Además, a finales de los sesenta, se observó en el mundo un franco crecimiento en las superficies dedicadas al cultivo y el mejoramiento de diversos aspectos como el manejo y la selección de especies, además, del desarrollo de sistemas modernos de ventas y distribución, manteniéndose con esa tendencia desde entonces. Es hasta la década de los setenta cuando se sitúa a esta especie en competencia en los mercados, al lograr la adaptación del cultivo a diferentes sistemas de producción (Revista Claridades Agropecuarias, 2000).

Generalidades del Melón

Zapata y Cabrera (1989), mencionan el melón, por su origen de climas templados, cálidos y luminosos, suele presentar en condiciones normales de cultivo una vegetación exuberante, con tallos poco consistentes y tiernos, que adquieren su mayor desarrollo en las estaciones secas y calurosas. La planta desarrolla unas raíces abundantes y rastreras, con un crecimiento rápido entre los 30-40 cm del suelo, donde alcanzan su mayor densidad. Algunas veces superan el metro de profundidad.

Estos mismos autores, continúan al establecer que la planta es extremadamente poliforma, con un tallo herbáceo que suele ser veloso, pudiendo ser rastrero o trepador, ayudado por sus zarcillos. Las hojas, normalmente vellosas, son de tamaño y forma muy variados: enteras, veniformes, pentagonales o lobuladas. Pueden presentarse flores monoicas (masculinas y femeninas, separadas y en el mismo tallo), andromonoicas (masculinas y hemafroditas o portadoras de órganos masculinos y femeninos) y ginomonoicas (solamente femeninas en algunas raras variedades. La mayor parte de las variedades cultivadas pertenece al grupo de las andromonoicas. Los frutos alcanzan su madurez, en condiciones favorables de cultivo, a los 45 días de su fecundación, presentando un tamaño muy variable que depende de la variedad. En cuanto a la forma, puede ser: esférica, deprimida, oblonga, ovoidea u oval, dependiendo de las condiciones del cultivo.

Generalidades de la Leonardita

La leonardita es una forma de ácidos húmicos encontrada exclusivamente en Dakota del Norte. Es llamada así en homenaje al Dr. A.G. Leonard, el primer director del Servicio Geológico del Estado de Dakota del Norte y primer científico que estudió las propiedades

de esa sustancia. La formación de la leonardita se remonta a la era carbonífera del Paleozoico, cerca de 280 millones de años atrás. La amplia y jugosa vegetación existente entonces en lo que es hoy Dakota del Norte fue destruida y carbonizada, pero en ese proceso fueron exprimidos los ricos jugos orgánicos formando originalmente lagunas de poca profundidad que también se carbonizaron dando origen a la leonardita. La masa fibrosa se transformó en carbón en cima del cual se formó la delgada capa de leonardita. A través de los millones de años de su formación, la leonardita ha estado sujeta a toda clase de acciones físicas y químicas, como también microbiológicas, para llegar a su forma actual.

Se ha dicho que los ácidos húmicos son la quintaesencia del humus, y entre los ácidos húmicos formados en muchas partes del mundo se destaca la leonardita cuya formación tomó 280 millones de años.

La leonardita es el único material húmico en el mundo con un grado de pureza promedio del 80 por ciento. Esto permite que el material pueda ser aplicado directamente al suelo sin temor de contaminar el suelo con metales pesados u otras sustancias tóxicas.

Gracias a su material de origen (ricos éteres y ésteres orgánicos de la vegetación jugosa del paleozoico) y su feliz formación a través de tantos millones de años, la leonardita se distingue por su excepcional actividad biológica que demostrablemente es superior (en por lo menos un caso hasta ocho veces más activo) a los ácidos húmicos provenientes de otras fuentes. (<http://www.oikossolutions.com/noticia/26/LEONARDITA%20editada.pdf>).

Formas en que se Encuentra el Humus

Las formas fósiles del humus son tres: la leonardita, el lignito y las turbas.

La leonardita es la forma más oxidada del carbón de lignito. Este material es caracterizado por su contenido alto de oxígeno, la cual es atribuida a la presencia de un gran número de grupos carboxílicos. Estos incrementan la solubilidad en álcali (O' Donnell, 1973).

El lignito es un material muy meteorizado y oxidado por lo que tiene características próximas a la leonardita, materia prima muy utilizada por distintas empresas para la obtención de sustancias húmicas. Su contenido en C orgánico es alto, con un contenido alto en cenizas, sin embargo, el residuo insoluble en ácidos, mediante la parte inerte, normalmente silicatos, de estas cenizas, puede considerarse bajo en relación con los otros minerales.

Las turbas son materiales sometidos a un largo proceso de humificación por lo que poseen normalmente un elevado contenido en humus estable, mientras que los intensos lavados a los que por lo general han sido sometidos sean bajas en ácidos fúlvicos. Contienen N en forma similar al lignito, una cantidad de K nada despreciable, y su riqueza en Fe es del 1.95% (Narro, 1997).

Las Sustancias Húmicas (SH)

El termino humus, se utilizó en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo. Posteriormente se ha empleado como sinónimo de materia orgánica, mientras que en la actualidad, hace referencia a una fracción de dicha materia orgánica que engloba a un grupo de sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, muy resistentes al ataque microbiano, de alto peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades ácidas; el humus

esta formado por sustancias húmicas y no húmicas aunque los términos humus y sustancias húmicas, son empleados como sinónimos por algunos autores (Stevenson 1994).

La materia orgánica es la suma de todas las sustancias orgánicas que contienen carbono. Químicamente y físicamente, proviene a partir de una mezcla de residuos de plantas y animales en estado de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente (Schnitzer y Schulten, 1992; Citados por Aza, 2001).

Schnitzer (1978), divide la materia orgánica en dos grupos, las sustancias húmicas y las sustancias no húmicas, y varios autores (Stevenson, 1982. López, 2002. Schnitzer y Schulten, 1995) concuerdan con él, de que las sustancias no húmicas son los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y compuestos de bajo peso molecular, que con la transformación de varios de ellos se producen las sustancias húmicas, las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original.

Las sustancias húmicas, son compuestos de color que van de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, tienen naturaleza coloidal, presentan núcleos de carácter aromático y propiedades refractarias (Aiken *et al.* 1985). Son producto del proceso de humificación de la materia orgánica en descomposición. Este proceso se presenta de manera natural en el suelo, cuando se incorpora cualquier fuente de materia orgánica (como guano de rumiantes, “humus” de lombriz, etc.). La obtención de sustancias húmicas a partir de esta aplicación, toma de dos a tres años, es por eso que la tendencia actual es la aplicación directa de SH, para obtener de manera inmediata sus beneficios y ventajas.

Según Narro, (1996). Las sustancias húmicas son materiales orgánicos presentes en medios acuáticos y terrestres. Las principales sustancias húmicas son: los ácidos húmicos, fúlvicos y hematmelánicos, que poseen grupos funcionales, energía y nutrimentos que al aplicarse al suelo y a las plantas estimulan el crecimiento vegetal interviniendo directamente en mecanismos como la formación de raíces adventicias, en la síntesis de proteínas, la división celular, entre otras, e independientemente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de las plantas.

Las SH no se fabrican, sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica. Dentro de la materia orgánica de tipo sedimentario son de especial interés las turbas, lignitos y Leonardita, ligadas al proceso de formación del carbón. El carbón consiste en distintos tipos de humus, en un estado de descomposición avanzado, que se formaron durante épocas prehistóricas. Los distintos tipos de carbón que existen, se han formado en distintas fases de evolución (carbonización). Las sustancias húmicas de este origen son similares a las del suelo, aunque su complejidad puede venir aumentada por el proceso de carbonificación. La Leonardita es una forma oxidada del carbón de origen lignítico, formada principalmente por sales de ácidos húmicos. Es un material de color marrón parecido al carbón blando (Burés, 1997).

De acuerdo con la Sociedad Internacional de Substancias Húmicas (1996) en México, sobre todo en el Norte, el uso de ácidos húmicos en la agricultura con fines de fertilización, inicia a fines de los años 80's, ya que empresas dedicadas a la venta de productos agroquímicos expenden los compuestos mencionados, aunque todos estos productos orgánicos provienen de los minerales fósiles, los cuales se importan de Estados Unidos (California, Pensilvania y Atlanta), Europa (Alemania, Italia y España) y el Medio Oriente (Israel). Lo anterior

provoca altos precios de estos productos. La mayor parte de los humus líquidos que se comercializan en el mundo, se obtienen a partir de leonardita (Trade Corp, 2001), que es una forma oxidada del carbón de origen lignítico, formada principalmente por sales de ácidos húmicos; es un material cuya formación requiere de miles de años de descomposición (Atlántica Agrícola S. A., 2002).

A su vez, las sustancias húmicas están constituidas por tres fracciones en función de su solubilidad en agua con el pH (Aiken et al., 1985; Stevenson, 1994):

Ácidos Húmicos: fracción insoluble en medio ácido, pero soluble a pH alcalino.

Ácidos Fúlvicos: fracción soluble en agua a cualquier valor de pH.

Humina: Fracción insoluble en agua a cualquier valor de pH.

Efecto de las Sustancias Húmicas en el Crecimiento Vegetal

(Chen y Aviad, 1990, Varanini y Pintor., 1995 y Piccolo *et al.*, 1992). A lo largo de sus investigaciones han recogido la influencia de las sustancias húmicas en el crecimiento de las plantas, en la nutrición mineral, en la productividad y el metabolismo, considerando los efectos positivos sobre la germinación de semillas, la iniciación y el desarrollo radicular, el desarrollo de los brotes, el contenido de nutrientes en numerosos cultivos y la síntesis de ácidos nucleídos o la respiración.

El crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, del agua, el aire y de otros parámetros medioambientales como luz y temperatura. Sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también está sobradamente demostrado (Csicsor *et al.*, 1994; Galli *et al.*, 1994; Barón *et al.*, 1995; Varanini *et al.*, 1995).

De acuerdo a Chen y Aviad (1990), las sustancias húmicas aplicadas por vía foliar tienen mejores resultados debido a que la absorción es de manera más inmediata. Al aplicar productos que contengan sustancias húmicas se logra incrementar el desarrollo de meristemas apicales, debido a que influyen en algunos procesos bioquímicos en la pared celular. Además, pueden actuar como transporte de nutrimentos al interactuar con los fosfolípidos de las membranas. También menciona que en estudios realizados en Inglaterra por Lawes y Gilbert en 1905, se comprobó que la fertilidad de suelos puede ser conservada por tiempos muy prolongados solamente con la aplicación de minerales como fertilizante. Sin embargo, existe la posibilidad de que el ácido húmico además de dar ventajas en cuanto al crecimiento de las plantas, genere algún tipo de sinergismo con los minerales.

Sin duda, la genética es la principal artífice de la enorme mejora productiva de muchas especies vegetales. Sin embargo, esta ciencia no puede ser considerada como la única responsable de los éxitos alcanzados. Resulta obvio que la creciente capacidad de control de los parásitos y el mayor conocimiento de la fisiología vegetal, sobre todo desde el punto de vista nutricional, han contribuido de manera muy significativa, a dichos avances. Y es aquí donde entran a jugar un papel decisivo productos tales como las sustancias húmicas, que exaltan la capacidad de absorción y traslocación de nutrientes por las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos (Dubini, 1995).

Los compuestos húmicos contienen grupos funcionales ácidos, por lo que intervienen en las reacciones de intercambio catiónico; así pues, la presencia de humus aumenta la capacidad de intercambio catiónico de un suelo o de un sustrato.

Las sustancias húmicas interaccionan con las arcillas del suelo y estabilizan los agregados del suelo, previniendo la erosión.

Las sustancias húmicas, además, tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, zinc y cobre, contribuyendo además a mejorar la absorción por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Las aplicaciones de sustancias húmicas a suelos pobres en arcillas y materia orgánica, o a soluciones nutritivas, producen un mayor crecimiento en las plantas, atribuyéndose ello principalmente a su capacidad de mejorar la absorción de los distintos nutrimentos.

Además también atribuyen efectos sobre la fisiología de la planta. Algunos de los efectos de las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas son:

- Estimula la actividad enzimática de la semilla, lo cual hace que aumente la germinación.
- Efectos sobre la promoción del desarrollo de raíces y pelos radiculares aumentando por tanto la superficie radicular.
- Aumenta la permeabilidad de la membrana de las raíces de la planta facilitando, por tanto, la absorción de nutrimentos.
- Mejora en el transporte de agua en la planta impidiendo o ralentizando la pérdida de agua. Aumento de los contenidos en clorofila,
- Ejerce acción estimulante sobre la absorción radicular de hierro y translocación a las hojas.

- Influye en el contenido y distribución de azúcares y sobre la maduración. Por último las sustancias húmicas tienen actividad auxínica y citoquínica. (<http://www.terraia.com/index.php?revista=80&articulo=684>)

Las investigaciones efectuadas durante los últimos veinte años, atribuyen a las sustancias húmicas un efecto directo favorable sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Morard y Morard, 2006). Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea. Sladky (1959), aplicó ácidos húmicos, ácidos fulvicos y un extracto alcohólico de materia orgánica en concentraciones de 50, 50 y 10 mg L⁻¹, respectivamente, a plantas de tomate creciendo en disolución nutritiva. Las tres fracciones de materia orgánica estimularon significativamente la longitud y peso de la raíz en comparación con una disolución nutritiva pura.

El humus influye en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. La capacidad de intercambio cationico (C.I.C.) está dada por los ácidos fúlvicos y húmicos afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc, (Seok y Bartlett, 1976).

Las SH 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 son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez – Andréu, *et al.* 1994).

Adani *et al.* (1998), postulan que los grupos carboxilos y los hidroxilos fenólicos y alcohólico de los AF, son los responsables para la influencia de estos ácidos en la raíz de los hipocotilos, como un resultado de su actividad quelatante con el hierro. Los compuestos

de bajo peso molecular (ácido fúlvicos) intervienen en la solución de iones metálicos e influyen en el transporte hacia las raíces de la planta. En contraste, compuestos de altos peso molecular (ácido húmicos), funciona como una “piel” para los cationes polivalentes (Stevenson, 1984).

Las sustancias húmicas del suelo afectan directa e indirectamente el crecimiento y desarrollo vegetal principalmente por acciones físicas, fisiológicas y químicas (Schnitzer y Khan, 1978).

Absorción de Sustancias Húmicas

Para que las sustancias húmicas puedan ejercer sus efectos directos sobre el vegetal, deben ser absorbidas por las plantas. Los resultados obtenidos usando sustancias húmicas marcadas con ^{14}C han permitido observar que tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos se pueden incorporar al material vegetal, sin embargo, los ácidos húmicos se suelen acumular en las raíces donde actúan principalmente y solo una pequeña fracción se transporta a la parte aérea (Vaughan y Linehan, 1976).

Las enmiendas húmicas favorecen el enraizamiento, ya que desarrollan y mantienen un sistema radicular joven y vigoroso, durante todo el ciclo de cultivo. El desarrollo radicular, de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme, y esto hace que el desarrollo de la misma sea mucho más rápido, debido a que absorbe mayor cantidad de elementos nutritivos, y esto se traduce en mayor producción. Este abono orgánico al desarrollar más las raíces, equilibra también mejor la nutrición de las plantas, mejora el comportamiento de éstas frente a condiciones salinas y ayuda a la eliminación de diversas toxicidades. Las raíces son el pilar básico de una planta, ya que no podemos

olvidar que le sirven de sujeción al suelo. Las raíces de las plantas hortícolas son fasciculadas, no distinguiéndose un pivote principal. Están constituidas por una serie de troncos principales que profundizan oblicuamente en el suelo y de los cuales nacen las raíces secundarias (Cervantes, Revista Infoagro).

Fürh y Saverbeck. (1967), mencionan que los ácidos fúlvicos son transportados, en mayor medida, hacia la parte aérea que los ácidos húmicos. Vaughan y Ord (1981), demostraron que la proporción de absorción de ácidos fúlvicos/ácidos húmicos se incrementa con el tiempo de incubación, indicando una absorción preferente de sustancias de bajo peso molecular. También afirman que, las fracciones de ácidos húmicos de bajo peso molecular, son absorbidas tanto activa como pasivamente, mientras ácidos húmicos de peso molecular superior a 50 000 Da son absorbidos solo de forma pasiva. Vaughan y Malcolm (1985), concluyen que casi todas las fracciones de sustancias húmicas de bajo peso molecular son absorbidas activamente por las plantas y, que los ácidos fúlvicos pueden ser biológicamente algo más activos que los ácidos húmicos.

Las plantas absorben minerales y proteínas a través de los pelos radicales, un ion a la vez. La interacción entre los ácidos fúlvicos y los elementos minerales deben tomar lugar antes de que esta absorción pueda suceder.

Cundo los minerales se ponen en contacto con los ácidos fúlvicos, en medio acuoso, los minerales son transformados a una forma iónica o asimilable para la planta. Estos minerales literalmente se hacen parte de los ácidos fúlvicos, pero cuando los elementos minerales son transformados a un elemento orgánico, a través de un proceso químico natural involucrando ácidos fúlvicos y fotosíntesis, esto lo hace seguros para ser usados tanto en humanos como en animales (Hipócrates, 2000).

Las Sustancias Húmicas en la Producción de Hortalizas

La escasez de materia orgánica, y por tanto de ácidos húmicos y fúlvicos de los suelos, hace necesario el aporte de los mismos al suelo. Dada las dificultades técnicas, logísticas y económicas de los aportes masivos de estiércol como fuente de materia orgánica, los preparados líquidos a base de ácidos húmicos y fúlvicos, se hacen imprescindibles para mejorar la fertilidad y productividad de los suelos. La leonardita es un lignito blando con pH ácido, de color pardo y de origen vegetal. Es la materia prima de las sustancias húmicas, ya que posee un gran contenido de extracto húmico total (Cervantes, Revista Infoagro).

Las SH producen múltiples beneficios a la agricultura, ya que se infiere que intervienen directamente en el crecimiento vegetal; sin embargo, no hay evidencia de que las mencionadas sustancias intervengan en algunos procesos fisiológicos de la planta, como son la formación de raíces adventicias, respiración de raíces y síntesis de proteínas e indirectamente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta (Vaughan y Malcolm, 1985; Kuiters y Mulder, 1993), es decir, con esto último actúan como suplidores y reguladores de la nutrición vegetal en forma similar a los intercambiadores de iones sintéticos (quelatos) (Schnitzer, 1991; Orlov, 1995), aunque, también es necesario considerar la capacidad de intercambio catiónico de las mencionadas SH (Schnitzer, 2000) y de las raíces de las plantas (Marschner, 1995).

Las sustancias húmicas pueden ejercer efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas. El efecto indirecto se relaciona con la capacidad de las sustancias húmicas de regular el flujo de nutrimentos por su alta capacidad de intercambio catiónico; solubilización de microelementos como el Fe, Zn, Mn, Cu y algunos macroelementos como

el K, Ca, P. Además pueden reducir los niveles activos de elementos tóxicos y formar complejos orgánicos con herbicidas, fungicidas, insecticidas y reguladores de crecimiento potencializando el efecto de estos, por lo que su eficiencia y rango de acción se incrementan (Singh et al., 1997).

Por otro lado, al absorber pequeñas concentraciones de sustancias húmicas ocurre un estímulo en el desarrollo de raíces y en el crecimiento de las plantas, pues aparentemente estas sustancias aumentan la síntesis proteica y simulan la actividad hormonal en la planta. Al ingresar en la planta durante las primeras fases de crecimiento activan la catálisis respiratoria de las células, este fenómeno se atribuye a la presencia de oxiquinonas en las mismas, que aceptan el hidrogeno en la oxidación de sustancias en los tejidos vegetales. Igualmente alteran el metabolismo de los carbohidratos, pudiendo promover la acumulación de azúcares reducidos en la planta (Schnitzer y Khan 1978; Kononova, 1982; Galli et al., 1994).

Como consecuencia de lo antes mencionado los ácidos húmicos incrementan el desarrollo de retoños o meristemas apicales, cuando son aplicados foliarmente. El efecto estimulante sobre el crecimiento meristemático, usualmente tiene correlación con la respuesta radical. Algunos estudios indican que, en general, el peso seco de raíces, meristemas y nódulos, muestran una tendencia creciente, como respuesta a la aplicación de ácidos húmicos Maccarthy (1990). Otro importante efecto beneficioso de los ácidos húmicos en las plantas es el aumento en la absorción de macronutrientes. Almonte y Santana (1998), concluyeron que el mayor desarrollo radical en plantas de maíz, se debe principalmente al incremento en la absorción de fósforo en presencia de sustancias húmicas.

Según Kononova (1982), el efecto directo sobre el crecimiento de las plantas se explica también por la influencia de las sustancias en varios procesos bioquímicos en la pared celular, al nivel de la membrana o en el citoplasma. Se ha comprobado que aumentan la permeabilidad de la membrana celular, puesto que después de la aplicación de estas sustancias hay un estímulo en la absorción de iones. Además se observaron cambios en la síntesis de ácidos nucleicos después de la aplicación de sustancias húmicas. Esto se debe a que las sustancias húmicas estimulan la producción de m-RNA, el cual es esencial para varios procesos bioquímicos en la célula. Schnitzer y Khan 1978, enfatizaron que el modo de acción de las sustancias húmicas en la membrana celular está relacionado con la superficie de las mismas, debido a la presencia de sitios hidrofílicos e hidrofóbicos. De esta forma las sustancias húmicas pueden interactuar con los fosfolípidos de las membranas, y funcionar como acarreadores de nutrientes a través de ellas.

Los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta y se menciona también que estas sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas. También se indica una respuesta superior de las sustancias húmicas y fúlvicas 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 (Chen y Aviad, 1990). Además de que se ha observado que generalmente hay un estímulo del crecimiento radical y un mejoramiento de la iniciación de las raíces (Narro, 1997).

Los Ácidos Húmicos (AH)

Stevenson (1994), sostiene que los elementos en mayor proporción en los ácidos húmicos son el carbono (C) y el oxígeno (O). El contenido de carbono en los ácidos húmicos, está alrededor de 54 a 59%, mientras que la concentración de oxígeno varía entre 33 a 38 %. Una comparación realizada por Schnitzer y Khan (1978) entre ácidos fúlvicos y húmicos, demuestra que los ácidos fúlvicos contienen más oxígeno y azufre, pero menos carbono, hidrógeno y nitrógeno que los ácidos húmicos. El contenido de carbono en los ácidos fúlvicos varía de 40.7 a 50.6% y el oxígeno de 39.7 a 49.8%, en los ácidos húmicos el contenido de carbono es de 10% mayor y el contenido de oxígeno 10% menor que en los ácidos fúlvicos. En los ácidos húmicos el oxígeno es un componente estructural del núcleo. Los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, y se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos.

Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas (Narro, 1987).

(Hipócrates, 2000), menciona que los ácidos húmicos tienen importancia en la producción de iones minerales, son también reconocidos por su habilidad de hacer a las vitaminas y minerales absorbibles para las plantas. Esto se logra al transformar minerales elementales en formas orgánicas que son fácilmente transformadas dentro y a través de las raíces y las membranas de las plantas.

La aplicación de ácidos húmicos al suelo favorecen, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura; disminuye la densidad aparente, la capacidad de

almacenamiento de humedad aprovechable y se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García, 1992).

Los ácidos húmicos afectan positivamente el crecimiento de microorganismos aeróbicos, especialmente los que descomponen celulosa, almidón y proteínas; el número de microorganismos existentes por gramo en el suelo, con la adición de pequeñas cantidades de ácido húmico (10 ppm), aumentan en gran cantidad, hasta 2,000 veces más que el testigo, lo que favorece la fertilidad del suelo, (Narro, 1997).

(Meza, 1995), Al realizar un experimento en el cultivo de fríjol para la respuesta de la aplicación de ácidos húmicos comerciales a diferentes dosis encontró que el producto comercial Humiplex plus en la dosis baja de 10 kg/ha mejoró la altura de la planta y que el producto si influye positivamente para la variable de floración ya que incrementa la floración en 20 por ciento.

Los Ácidos Fúlvicos (AF)

Del 75 – 90 por ciento de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de materia orgánica (MO), está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias húmicas han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Los ácidos húmicos (AH) son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además

presentan contenidos más altos de Nitrógeno (N), pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

Continúa al decir que los ácidos fúlvicos (AF) se distinguen de los AH por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales. Los fulvoácidos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras y furfural, tienen alta capacidad de cambio (hasta 700 meq 100 g de sustancia), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad, por lo tanto parece ser que ya no existen dudas sobre los AF como grupos independientes de materias húmicas con propiedades distintas a la de los AH. Aparte de los AF propiamente dicho se han descubierto hidratos de carbono, glucósidos, sustancias de naturaleza fenólica, ácidos urónicos y ácidos orgánicos nitrogenados. Datos obtenidos de espectroscopía-infrarroja, dan testimonio de la presencia de elementos de naturaleza aromática. Sobre la baja aromatización de los AF hablan los datos de la composición elemental en el cual el porcentaje de carbono es significativamente más bajo y el de hidrógeno supera el de los AH.

Los AF son mezclas de sustancias orgánicas, a diferencia de los ácidos húmicos no son homogéneos ya que cada uno contiene sustancias de una amplia gama de pesos moleculares. El peso molecular del ácido fúlvico por lo general es menor de 10 000 moléculas/gramo y el del ácido húmico de más de 5000 moléculas/gramo, llegando hasta varios millones (FitzPatrick, 1985).

Los AF son de color amarillo a pardo, con un peso molecular bajo, de 40-50 por ciento de carbono, contiene menos de cuatro por ciento de nitrógeno, entre 44 y 48 por ciento de

oxígeno, además de grupos funcionales, como son los carboxílicos (COOH) de 8-9 meq/g, metoxilicos (OCH₃) < 0.5 meq/g, alcohólicos (OH) de 3-6 meq/g, fenólicos (OH) de 3-6 meq/g y carbonil (C=O) de 1-3 meq/g. Además, de presentar en su unidad nuclear estructuras aromáticas de carbono poco pronunciada, hay predominio mayor de constituyentes O-alquílicos-carbohidratos- y de grupos funcionales oxigenados (FitzPatrick, 1985; Labrador, 1996).

Los primeros conocimientos sobre el ácido crénico (C₂₄H₂₄O₁₆) y apocrénico (C₂₄H₁₂O₁₂) o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crénico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire, forma una coloración pardo oscura transformándose en una sustancia poco soluble – parecida al ácido húmico- clasificada como ácido apocrénico. Los estudios realizados por los suecos Berzelius y Mulder y por el ruso Guerman, comprobaron que los ácidos crénicos y aprocrénicos contienen menos carbono (44 – 49 %) y más oxígeno que los ácidos húmicos. Estos ácidos destruyen rápidamente la fase mineral del suelo y en particular, los minerales de silicato (Cepeda, 1991). También se ha comprobado que las sales crénicas y apocrénicas de calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc., son fácilmente solubles y velozmente lavadas del suelo por lixiviación.

Los AF son de gran interés para productores del campo, ya que entre sus múltiples beneficios, posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radiculares, además de estimular el crecimiento de la planta y como resultado, alto rendimiento en la cosecha, mejoramiento y recuperación de la estructura del suelo, al favorecer la formación

de agregados y la reproducción exponencial de microorganismos benéficos (Revista Técnico Ambiental, 2009, Camacho, 2001).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Área Experimental

El presente trabajo se realizó en el invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo (Figura 1), del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 23’ de latitud norte, a los 101° 00’ de longitud oeste y a la altitud de 1742 msnm.



Figura 1.- Invernadero del Área Experimental del Departamento de Ciencias del Suelo.

Características Generales del Área

El clima predominante es el B W ho y (X), (e) que de acuerdo con la clasificación de Kópen, equivale a un clima muy seco, semiárido, con invierno fresco y extremoso y con

lluvia en verano. Las temperaturas medias oscilan entre 14.7° C en el mes de enero y 22.3° C en el mes de agosto. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con una temperatura media mensual que oscila entre 27 y 28 °C y el mes más frío es enero, con una temperatura media menor de 15 °C, sin embargo, es común observar en el verano (junio-agostos) temperaturas máximas extremas de 44 °C y en el invierno (enero-marzo) las heladas que llegan a los -11 °C. La precipitación anual de ésta región fluctúa de 500 a 700 mm. El máximo régimen pluvial mensual se registra en septiembre con promedio de 160 a 170 mm y el mínimo de 10 a 15 mm se presenta en marzo (SNM, 2009).

El tipo de suelo es un calcisol, que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.7, menos de uno por ciento de materia orgánica (MO), la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (FAO-UNESCO, 1994).

Metodología

En charolas de poliestireno de 200 cavidades, se emplearon "peat moss" con "perlita" relación 1:1 (p/p), como sustrato. Semillas de melón del cultivar "Cantaloupe", se sembraron en "tresbolillo"; al momento de la siembra, se aplicaron 1, 2 y 3 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido húmico experimental de Leonardita, llamado ORGANIC FIELD SUELO (OFS) y las mismas cantidades de un ácido fúlvico experimental extraído de Leonardita denominado ORGANIC FIELD PLANTA (OFP). Solo agua fue empleada como testigo absoluto (TA). Cuando la plántula inició la formación de las hojas cotiledonales y cuando inició la formación del primer par de hojas verdaderas, a todas las plantas, se les adicionaron las mismas dosis del OFP. A los 30 días, después de la siembra, a las plántulas se les midió: longitud de raíz (LR), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso

fresco de tallo (PFT), peso seco de tallo (PST), peso fresco de hoja (PFH), peso seco de hoja (PSH), longitud de tallo (LT) y mediante el analizador de imagen para computador, denominado Image Pro, versión 15 para Windows, el área radicular (AR).

El experimento se estableció de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial A x B: donde A fueron los compuestos húmicos y B las dosis. Este diseño experimental, arrojó siete tratamientos y se emplearon quince repeticiones. El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias por Tukey ($P \leq 0.05$), para el cual se empleó el paquete de diseños experimentales versión 2.5 de la facultad de agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (1994).

Análisis de Raíz

Para esto, fueron seleccionadas cuatro plantas por tratamiento para la obtención de la raíz, misma que se descubrió en su totalidad y se lavó con agua de la llave para eliminar los residuos del sustrato adherido al órgano vegetal, con lo anterior se dejó totalmente limpia la raíz. Una vez limpia la raíz, se procedió a digitalizarla, para lo que se empleó una cámara fotográfica SONY ALPHA 14.2 Megapixeles.

Para la digitalización de la raíz, se colocaron dos pliegos de papel milimétrico para usarlo como guía de medición y la raíz con mayor longitud visible, esto para tomarla de referencia o cuadro base; todas las fotografías se capturaron con el 60 por ciento de oscuridad para que la sombra de éstas no influya al momento de la toma de las imágenes y a la misma distancia para obtener igual número de pixeles y área del papel milimétrico. El análisis de la imagen se efectuó mediante el analizador de imagen para computador, denominado Image Pro, versión 10 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSION

Longitud de Raíz

En la longitud de raíz, hay efecto altamente significativo de las diferentes dosis del ácido fúlvico experimental de Leonardita, con el 95 por ciento de confianza (Cuadro 1). La longitud de la raíz de la plántula de melón, fue de 12 cm con la dosis de 1 ml.litro⁻¹ de agua de ORGANIC FIELD PLANTA (OFP1); el superior valor de esta variable, se presentó con la dosis de 2 ml.litros⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD PLANTA (OFP2), porque con este tratamiento se superó al testigo (TA) en 122 por ciento. En lo que respecta al ORGANIC FIEL SUELO (OFS), en las dosis 1 y 2 ml.litro⁻¹ de agua aplicadas del ácido húmico experimental, se observa un claro descenso de los valores pero al adicionar la cantidad de 3 ml.litros⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD SUELO (OFS3), el valor aumenta, pero solo llega a los 13 cm (Figura 2).

Cuadro 1.- Análisis de varianza para longitud de raíz de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de longitud de raíz						Comparación de medias 0.05	
FV	GL	SC	CM	F*	P>F	Trat.	Media
Tratamientos	6	1401.826	233.6377	6.1294	0.000	OFP2	20.0800 A
Error	98	3735.543	38.11779			OFS3	13.1533 B
Total	104	5137.369				OFP1	12.7000 BC
						OFP3	10.9067 BC
						OFS2	10.0800 BC
						TA	9.2067 BC
						OFS1	8.3000 C

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

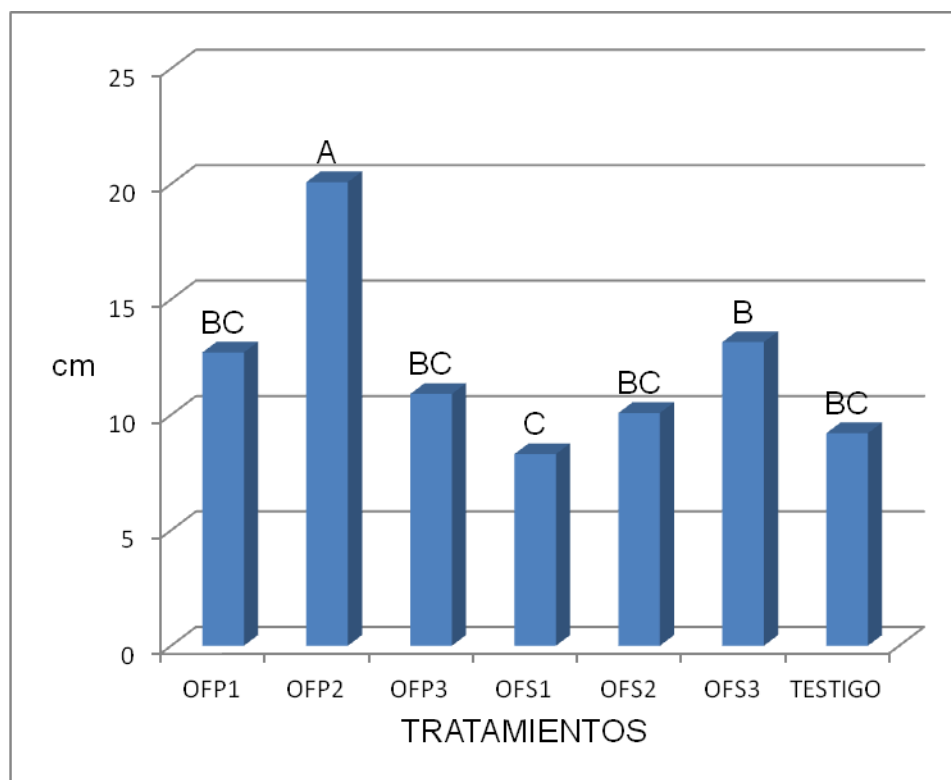


Figura 2.- Longitud de raíz de plántula de melón con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Peso Fresco y Seco de Raíz

En el peso fresco de la raíz, estadísticamente no se presentó gran efecto significativo de los tratamientos; de igual manera en el peso seco de la plántula no hay efecto del ORGANIC FIELD PLANTA ya que todos los tratamientos se mantuvieron por debajo de los 0.04 g (Cuadros 2 y 3). El peso fresco de raíz, con la dosis más baja, fue de 0.1 g, luego aumentó con la dosis de 2 ml.litro⁻¹ de agua del compuesto orgánico, se observó que con la dosis alta 3 ml.litro⁻¹ de agua del (OFP3) se obtuvo el valor más bajo. Mientras que el ORGANIC FIELD SUELO, para el peso fresco de raíz las dosis de, 2 y 3 ml.litro⁻¹ de agua del compuesto orgánico presentaron los valores más inferiores, el efecto más alto se presentó a

aplicar la dosis mas baja 1 ml.litros⁻¹ de agua del (OFS1); claramente el testigo superó a todos los demás tratamientos, ya que el valor de la variable, alcanzó los 0.13 g y aventajó al tratamiento de 2 ml.litros⁻¹ de agua del (OFS2) en 35 por ciento, ya que esta fue el de menor cuantía. En el peso seco de la raíz, el ORGANIC FIELD PLANTA no presentó tanta variación como en el peso fresco, con relación a los diferentes tratamientos; aquí, de la dosis más inferior hasta la de 3 ml.litro⁻¹ de agua, el valor disminuyó, mientras que el ORGANIC FIELD SUELO en la dosis 1 ml.litro⁻¹ de agua (OFS1), hay aumento significativo; pero, de esta dosis a la tercera (OFS3) el valor retrocedió considerablemente; así, cuando se agregaron 2 ml.litro⁻¹ de agua (OFS2), se adelantó al testigo en 33 por ciento (Figura 3).

Cuadro 2.- Análisis de varianza para peso fresco de raíz de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso fresco de raíz						Tabla de medias 0.05		
FV	GL	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Tratamientos	6	0.067485	0.011248	1.9016	0.087	OFP1	15	0.096667 a
Error	98	0.579653	0.005915			OFP2	15	0.101333 a
Total	104	0.647139				OFP3	15	0.066667 a
						OFS1	15	0.093333 a
						OFS2	15	0.055333 a
						OFS3	15	0.066667 a
						TA	15	0.135333 a

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

Cuadro 3.- Análisis de varianza para peso seco de raíz de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso seco de raíz						Tabla de medias 0.05		
FV	GL	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Tratamientos	6	0.00066	0.00011	1.2787	0.273	OFP1	15	0.033020 a
Error	98	0.008428	0.000086			OFP2	15	0.030740 a
Total	104	0.009088				OFP3	15	0.027553 a
						OFS1	15	0.034433 a
						OFS2	15	0.035573 a
						OFS3	15	0.033020 a
						TA	15	0.030593 a

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

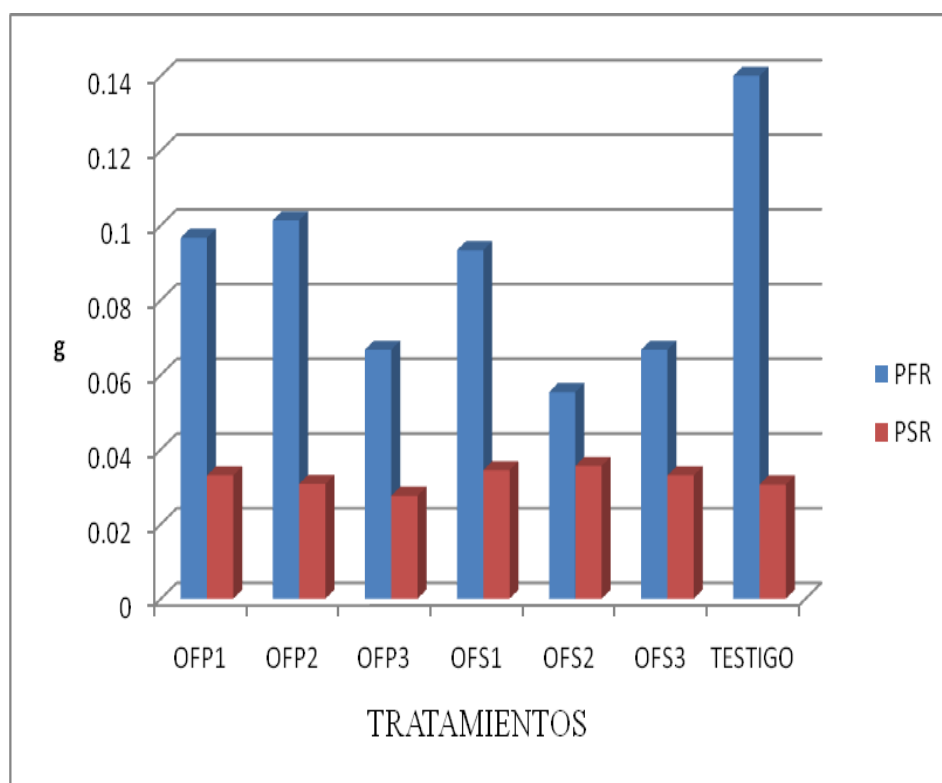


Figura 3.- Peso fresco y seco de raíz de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Peso Fresco y Seco del Tallo

En el caso del peso fresco del tallo de la plántula de melón, no hay efecto estadístico significativo entre tratamientos; de igual manera en el peso seco de este mismo órgano, no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadros 4 y 5). En el peso fresco del tallo, a la dosis más baja del ORGANIC FIELD PLANTA (OFP1), se presentó el valor más superior de esta variable, ya que superó al testigo en 50 por ciento y con las cantidades de 2 y 3 ml.litro⁻¹ de agua del (OFP), los valores se redujeron; sin embargo, las cuantías permanecieron constantes a las dosis de 1, 2 y 3 ml.litro⁻¹ de agua adicionados del ORGANIC FIELD SUELO (OFS). En el peso seco del tallo, se presentó que conforme aumentó la dosis de ORGANIC FIELD PLANTA, los valores del peso seco del tallo, también aumentaron, al aplicar la dosis de 3 ml.litros⁻¹ de agua del compuesto húmico (OFS3), el valor disminuyó. Aquí también, el valor más superior de esta variable, fue al agregar 2 ml.litro⁻¹ del ORGANIC FIELD SUELO (OFS2), porque aventajó al testigo en 33 por ciento (Figura 4).

Cuadro 4.- Análisis de varianza para peso fresco de tallo de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso fresco de tallo						Tabla de medias 0.05		
FV	GL	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Tratamientos	6	0.016712	0.002785	1.7186	0.124	OFP1	15	0.114667 a
Error	98	0.158827	0.001621			OFP2	15	0.102000 a
Total	104	0.175539				OFP3	15	0.076000 a
						OFS1	15	0.097333 a
						OFS2	15	0.084667 a
						OFS3	15	0.090667 a
						TA	15	0.079333 a

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

Cuadro 5.- Análisis de varianza para peso seco de tallo de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso seco de tallo						Tabla de medias 0.05		
FV	GL	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	MEDIA
Tratamientos	6	0.001668	0.000278	1.5425	0.172	OFP1	15	0.02229 a
Error	98	0.017659	0.00018			OFP2	15	0.02717 a
Total	104	0.019327				OFP3	15	0.02747 a
						OFS1	15	0.03089 a
						OFS2	15	0.03289 a
						OFS3	15	0.02229 a
						TA	15	0.02273 a

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

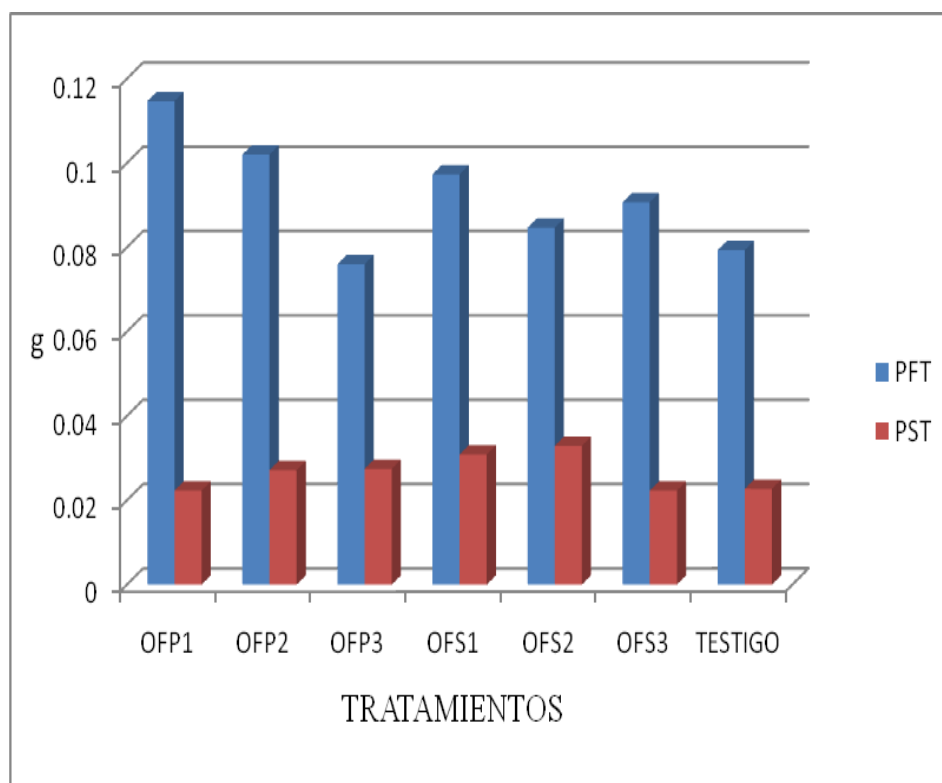


Figura 4.- Peso fresco y seco de tallo de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Peso Fresco y Seco de Hoja

En el peso fresco de la hoja de plántula de melón, hay efecto altamente significativo del ORGANIC FIELD PLANTA (OFP); pero en el peso seco no se presentó efecto de los tratamientos (Cuadros 6 y 7). En el peso fresco de la hoja, de la dosis de 1 a 3 ml.litro⁻¹ de agua adicionados de ORGANIC FIELD PLANTA, conforme aumentó la dosis, disminuyó el valor de esta variable. Al aplicar 1 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD PLANTA, se sobrepasó en 27 por ciento al testigo. En cuanto al ORGANIC FIELD SUELO con las cantidades de 1 y 3 ml.litro⁻¹ de agua, los valores permanecieron constantes, mientras que el valor más inferior fue al adicionar 2 ml.litro⁻¹ de agua del producto orgánico. Con la adición de 1 y 3 ml.litro⁻¹ (OFP) de agua del compuesto húmico, los valores del peso seco de la hoja, fueron los más inferiores. Sin embargo con la dosis 2 ml.litro⁻¹ del (OFP2) se sobrepasó al testigo en un 49 por ciento. De las dosis 1 y 3 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD SUELO, conforme aumentó la dosis también se acrecentaron las cuantías de esta variable. Aquí, al adicionar 3 ml.litro⁻¹ de agua del (OFS3), se adelantó al testigo en 50 por ciento (Figura 5).

Cuadro 6.- Análisis de varianza para peso fresco de hoja de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso fresco de hoja						Comparación de medias 0.05	
FV	GL	SC	CM	F*	P>F	Trat.	MEDIA
Tratamiento	6	0.207437	0.034573	2.5954	0.022	OFP1	0.3553 A
Error	98	1.305439	0.013321			OFP2	0.3253 AB
Total	104	1.512876				OFS1	0.2840 ABC
						TA	0.2687 BC
						OFS3	0.2627 BC
						OFP3	0.2493 BC
						OFS2	0.2113 C

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

Cuadro 7.- Análisis de varianza para peso seco de hoja de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de peso seco de hoja						Tabla de medias 0.05		
FV	GL	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Tratamientos	6	0.05592	0.00932	1.1399	0.345	OFP1	15	0.08838 a
Error	98	0.80129	0.008176			OFP2	15	0.13013 a
Total	104	0.85721				OFP3	15	0.07241 a
						OFS1	15	0.10022 a
						OFS2	15	0.10854 a
						OFS3	15	0.14064 a
						TA	15	0.08329 a

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

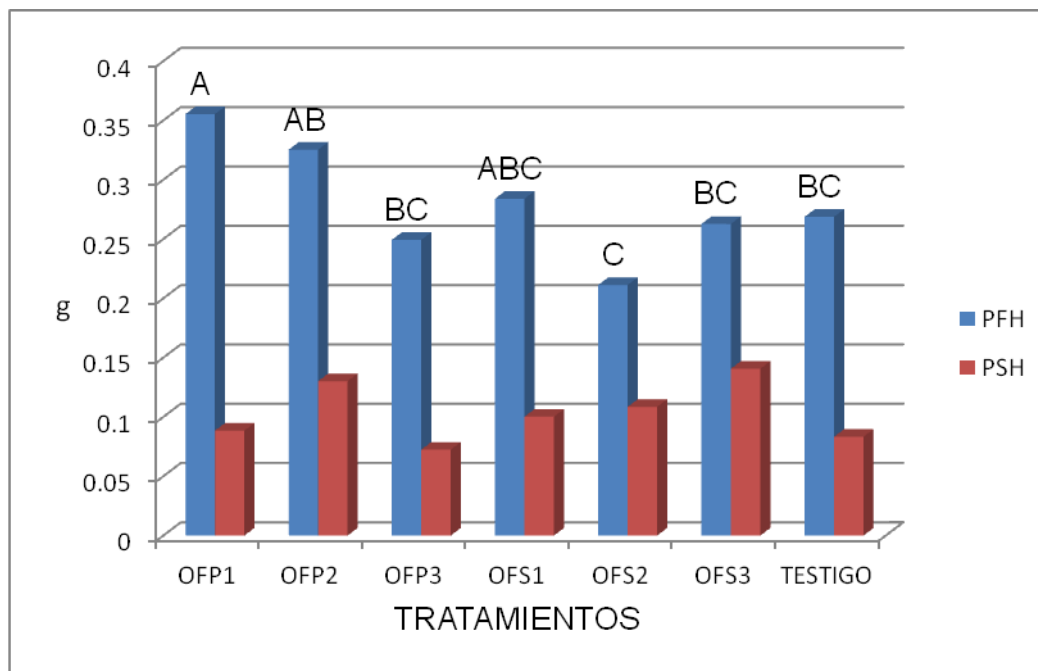


Figura 5.- Peso fresco y seco de hoja de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Longitud de Tallo

El ORGANIC FIELD PLANTA, realizó efecto altamente significativo en la longitud del tallo de plántula de melón (Cuadro 8). En la Figura 6, se presentan los valores de la longitud del tallo con la adición de ORGANIC FIELD PLANTA y se observa que los valores, fluctuaron entre dos y tres centímetros. Aquí, se puede determinar que al adicionar las dosis de 1 a 3 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD PLANTA, los valores de esta variable, permanecieron más o menos constantes, pero no sobrepasaron el valor de 2.2 cm, y sin superar en gran diferencia al testigo. Con la aplicación del ORGANIC FIELD SUELO el valor aumento de las dosis 1 a 2 ml.litro⁻¹ del (OFS), pero disminuyo, con la dosis 3 ml.litro⁻¹ (OFS3) del compuesto orgánico. Aquí, el valor mas superior de esta variable, fue al adicionar 2 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD SUELO, por que rebasó al testigo en 27 por ciento.

Cuadro 8.- Análisis de varianza para longitud de tallo de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Análisis de varianza de longitud de tallo						Comparación de medias 0.05	
FV	GL	SC	CM	F*	P>F	Trat.	Media
Tratamientos	6	5.968994	0.994832	5.1051	0.000	OFS2	2.6733 A
Error	98	19.09723	0.19487			OFS3	2.4867 AB
Total	104	25.06622				OFS1	2.2467 BC
						OFP2	2.1200 C
						OFP1	2.0733 C
						TA	2.0400 C
						OFP3	1.9800 C

Nota: Medias con letras iguales indican que son estadísticamente iguales.

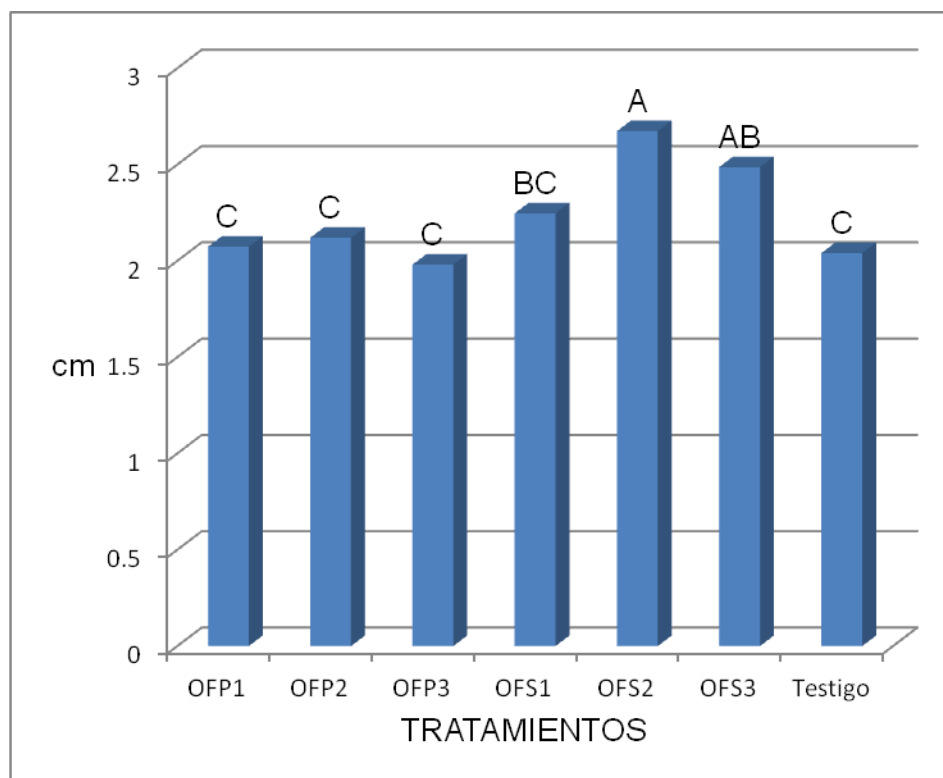


Figura 6.- Longitud de tallo de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

Área y Diámetro de Cuello Radicular

En el área radicular, se tiene que al adicionar 1 y 2 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD PLANTA (OFP), los valores fueron aumentando pero no sobrepasaron los 1200 mm²; al aplicar la máxima dosis del compuesto orgánico (OFP), se presentó el valor más bajo de esta variable. Con la adición de 2 ml.litro⁻¹ de agua del ORGANIC FIELD SUELO, se superó al testigo en 124 por ciento. Aquí, lo anterior concuerda con las mediciones realizadas a las variables en fresco de la plántula; por ejemplo, el peso fresco de raíz, tallo y hoja superiores, se presentaron con este mismo tratamiento, es decir, con 2 ml.litro⁻¹ de

agua del ORGANIC FIELD SUELO, lo que significa que a menor dosis del compuesto orgánico, mayor área radicular y hay relación directa con las variables medidas en fresco (Figura 7). Similar situación se presentó en el cuello radicular; es decir, este mismo tratamiento (2 ml.litro⁻¹ de agua) superó al testigo en 133 por ciento (Figura 8).

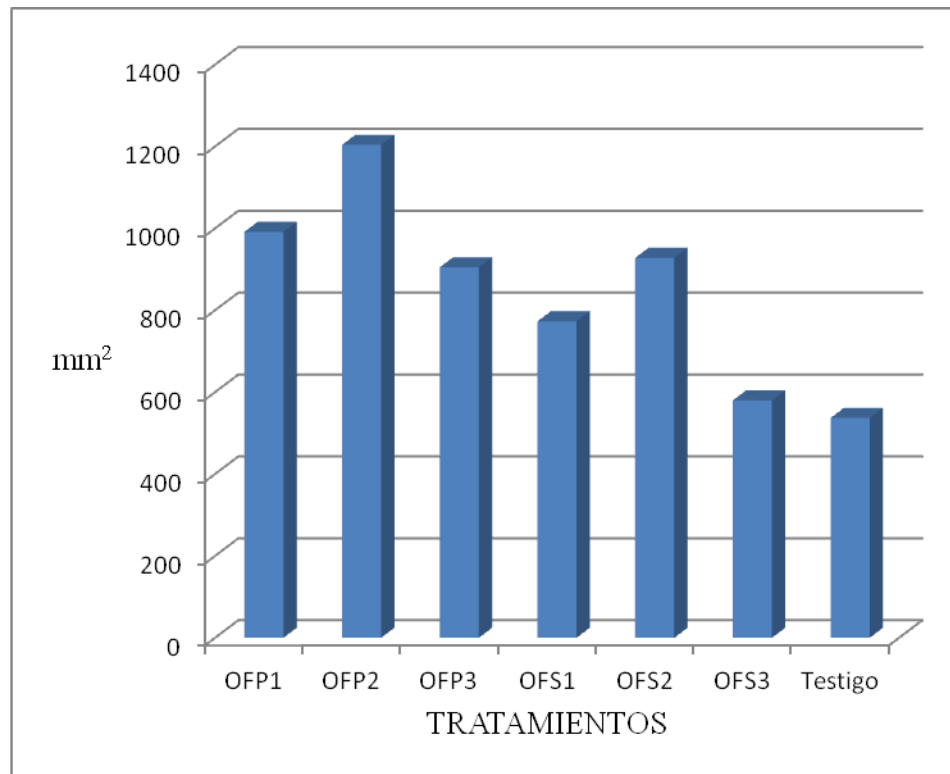


Figura 7.- Área radicular de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.

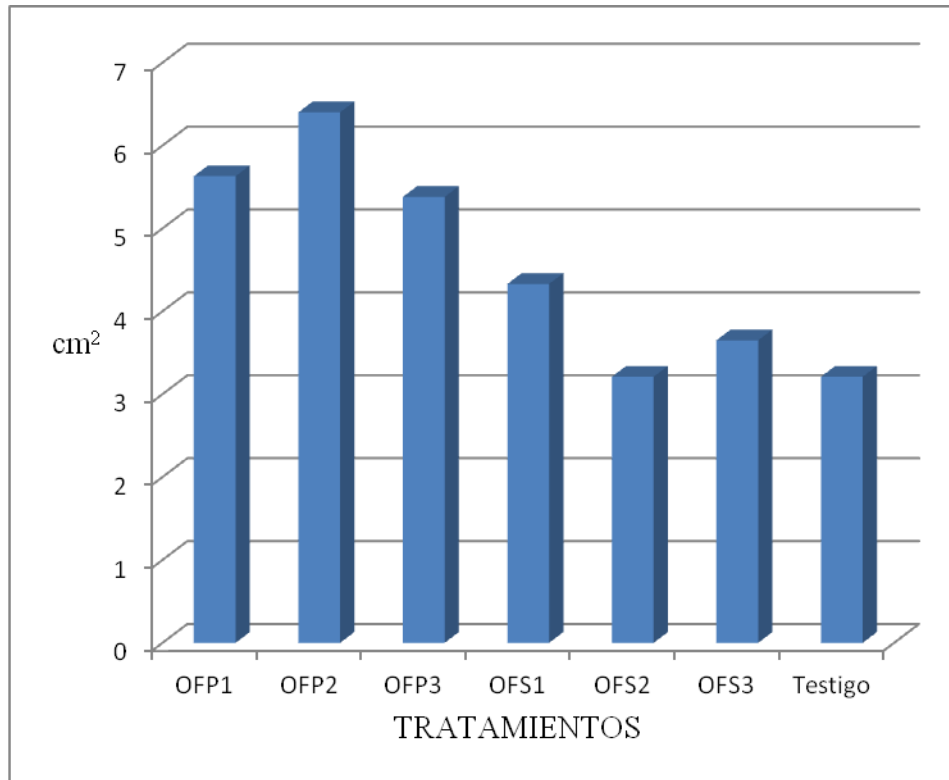
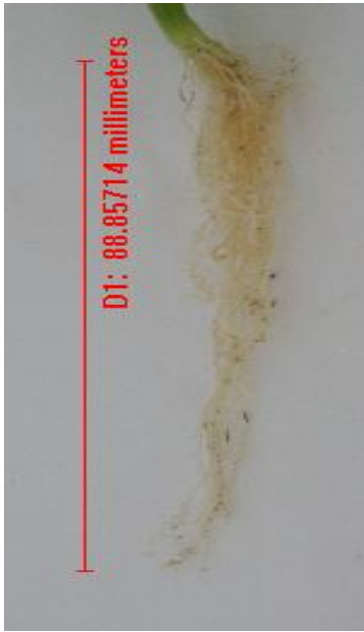


Figura 8.- Cuello radicular de plántula de melón, con la adición de sustancias húmicas de Leonardita.



Figura 9.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 1 ml.litro⁻¹ de agua.



OFP2



Figura 10.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 2 ml.litro⁻¹ de agua.



OFP3



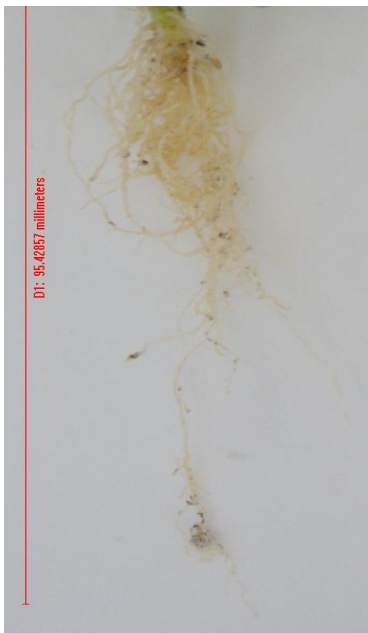
Figura 11.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Planta a razón de 3 ml.litro⁻¹ de agua.



OFS1



Figura 12.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 1 ml.litro⁻¹ de agua.



OFS2



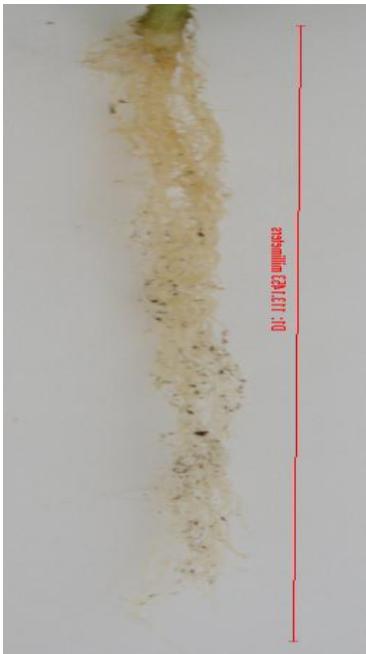
Figura 13.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 2 ml.litro⁻¹ de agua.



OFS3



Figura 14.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de Organic Field Suelo a razón de 3 ml.litro⁻¹ de agua.



TA



Figura 15.- Imagen original y binaria de la raíz de plántula de melón con la adición de agua como testigo absoluto.

DISCUSIÓN

A manera de discusión se puede establecer que de acuerdo a Chen y Aviad (1990), las sustancias húmicas aplicadas por vía foliar tienen mejores resultados debido a que la absorción es de manera más inmediata. Al aplicar productos que contengan sustancias húmicas se logra incrementar el desarrollo de meristemas apicales, debido a que influyen en algunos procesos bioquímicos en la pared celular. Además, pueden actuar como transporte de nutrimentos al interactuar con los fosfolípidos de las membranas.

Por otro lado, al absorber pequeñas concentraciones de sustancias húmicas ocurre un estímulo en el desarrollo de raíces y en el crecimiento de las plantas, pues aparentemente estas sustancias aumentan la síntesis proteica y simulan la actividad hormonal en la planta. Al ingresar en la planta durante las primeras fases de crecimiento activan la catálisis respiratoria de las células, este fenómeno se atribuye a la presencia de oxiquinonas en las mismas, que aceptan el hidrogeno en la oxidación de sustancias en los tejidos vegetales. Igualmente alteran el metabolismo de los carbohidratos, pudiendo promover la acumulación de azúcares reducidos en la planta (Schnitzer y Khan 1978; Kononova, 1982; Galli et al., 1994). Por estos efectos que las sustancias húmicas presentan en las plantas en el presente trabajo, el peso, longitud y área de raíz y tallo se vieron incrementados.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que las cantidades de las sustancias húmicas de Leonardita, favorecieron a las variables medidas de la plántula de melón; así, la dosis media del ORGANIC FIELD PLANTA, realizó efecto positivo en las variables medidas a la raíz y la dosis baja de este mismo compuesto, lo efectuó en el peso fresco del tallo y la hoja; mientras que la dosis alta del ORGANIC FIELD SUELO, es decir, los ácidos húmicos lo realizaron en el peso seco de la hoja y en la longitud del tallo.

Además, similares resultados, con el uso de sustancias húmicas de Leonardita, se han encontrado en plántulas de algunas otras hortalizas como son: el Pepino; Sandía; Tomate tipo "Bola, Cherry y Saladette" y Chile "Jalapeño, Serrano y Habanero".

A partir de los resultados que se muestran en la presente investigación, se acepta la hipótesis planteada sobre, al menos una dosis y una sustancia húmica de Leonardita, tiene efecto positivo en la calidad de plántula de melón, producida en invernadero.

LITERATURA CITADA

- Adani, F.; Genevini, P.; Zoncchi, G. 1998. The effect of commercial húmic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Jornal of plant nutrition*, 21(3): 561-575.
- Aiken, G. R., McKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., McCarthy, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. *In Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization*. G. R. Aiken et al. (Eds.) Wiley-Interscience, New York. Pp.: 1-9.
- Almonte, B.; Santana, M. R. 1998. Fabricación de "Pellets" Utilizando Materia Orgánica y su Efecto Sobre la Disponibilidad de fosforo en un suelo Tropical y sobre el desarrollo de Maíz (*Zea Mays*). EARTH, Guácimo, Costa Rica. 47 p.
- Anónimo. 2009. Los acidos fulvicos. Teorema Ambiental Revista Técnico Ambiental. México, D. F. http://www.teorema.com.mx/articulos.php?idsec=47&id_ejemplar=80.
- Atlántica Agrícola S. A., 2002. Informe Técnico Biocat-15. España.
- Aza A. E. 2001. Efecto de los ácidos fúlvicos de dos orígenes en tomate (*Lycopersicum esculentum mill*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Barón, R. Benítez, I. C. y González, J. L. 1995. Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochimica XXXIX*, 5-6; 280-289.
- Bures, S. 1997. Las enmiendas húmicas. Revista Terralia tomo 9. Ediciones agrotecnicas. S. L. Madrid, España.
- Camacho, I. F. A., 2001. Efecto de los ácidos fúlvicos en la calidad fisiológica y el crecimiento de algunas especies vegetales. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cepeda D. J. M. 1991. Química de Suelos. Segunda Edición. Editorial Trillas, S. A de C. V. México, D. F.

Cervantes F. M. A. Abonos Orgánicos. Revista infoagro. Copyright Infoagro Systems, S.L.
http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Chen, Y. and Aviad T. 1990. Effect of Humic Substances on Plant Groth. In: Humic Substances in Soil and Crop Sciences: "Selected Readings". Eds. C.E. Mac Carthy, R.L. Clapp, P. Malcolm and P.R. Bloom, Wiscounsins, U.S.A. Pp. 161-186.

Científica Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz 13. C. S. México.

Csicsor, J., Gerse, J. y Titkos, A. 1994. The biostimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. In N. Senesi, T. M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B. V. Ámsterdam.

Dubbini, G. 1995. Interés de los bioestimulantes. Hortoinformacion, 9, 50-51.

Dufault, R. J. 1987. Use of slow- release nitrogen and phosphorous fertilizer in celery transplant production. Hort Science 22: 1268-1270.

Escobar, 2002, Comunicación Personal. Citado por Moreno, Junio. 2009.

Facio, C. M. 2000. Reducción de Fertilización en Tomate (*Lycopersicum esculentum mill*) con la Aplicación de Ácidos Fúlvicos. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 64 Pag.

FAO-UNESCO.1994. World Reference Base For Soils Resources. International Center. Rome, Italy.

Fernández Z. M. 2003. Evaluación Agronómica de Sustancias Húmicas Derivadas de Humus de Lombriz. Pontifica Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía E Ingeniería Forestal Departamento de Ciencias Vegetales, Proyecto de Titulo. Santiago de Chile.

FitzPatrick E. A., 1985. Suelos su formación, clasificación y distribución compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México, D. F. 430. Pp.

Fuhr, F y Saverbeck, D. 1967. The uptake of colloidal organic substances by plant roots as shown by experiments with ¹⁴C-labelled humus compounds. P. 73-82. In Report FAO/IAEA Meeting, Viena, Pergamon Press, Oxford.

Galli, E; Cegarra, J; Tomati, V; Roig, A. 1994. Effect of Humified Material on plant Metabolism in: Humic Substances in the global Environment and implications on Human Health. Edited by: Senesi, N.; Miano, T. M. Instituto de Chimica Agraria Universita degli Studi, Bari, Italy. 595-600.

García G., J. J. 2009. Uso de Sustancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plántula de Tomate, en invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio.

García, A. J. 1992. Evaluación de Acidos Húmicos (Humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Desarrollo del Cultivo de la Papa, en la Región de Galeana, N.L. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.

Hipócrates, 2000. The Miracle of Fulvic Acid. Silver Spring's Research. Internet Issue, vol. 1-1 ssue 209.

International Humic Substances Society (IHSS). 1996. Soil Humic Substances. IHSS8.

Kononova, M. 1982. Materia Organica del Suelo: Su Naturaleza, Propiedades y Métodos de investigación. Trad. Enriqueta Mutan. Oikos-tau, Barcelona, España. 365 p.

Kuiters, A. T. and Mulder, W. 1993. Water-Soluble Organic matter in forest soils, II. Interference with plant cation uptake. Plant and soil, 152: 225-235.

Kratky, B. A. y Mishima, H. Y. 1981. Lettuce seeding and yield response to preplant and foliar fertilization during transplant production. J. Am. Soc. Hort. Science 106: 3-7. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art267-276.pdf>

Labrador, L. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. 2ª Edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 292 pp.

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

Maccarthy, P. 1990. Humic Substances in Soil and Crop Sciences. Soil Science Society of America Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, U.S.A. 281 p.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition. Academic Press Inc. London.

Meléndez, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y la Materia Orgánica del Suelo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Meza, M. A. 1995. Evaluación de los Acidos Húmicos (humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Cultivo de Fríjol Ejotero (*Phaseolus Vulgares L.*) Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coah. Méx.

Morard, M. y Morard, P. 2006. Revista las sustancias húmicas mejoran la producción de las fresas. (http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh193/0202_023.pdf).

Narro, F. E. 1987. Física de Suelos con Enfoque Agrícola UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. Pp 13-18.

Narro, F. E. 1996. Sustancias Húmicas en la Agricultura (resumen) VII Semana de Investigación Científica Universidad Autónoma de Baja California Sur, La PAZ. México.

Narro, F. E. 1997. Nutrición y sustancias Húmicas en el Cultivo de Papa. Foro de Investigación. Investigaciones en el Cultivo de Papa. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.

O’ Donnell, R. W. 1973. The auxin – like Effects of Humic Preparations from Leonardite. Soil Science, 116: 106-112.

Orlov, D. S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humificación. A. A. Balkema. Publishers. Old Post, Road, Brookfield, UT, USA.

Piccolo, A., Nardi, S., Concheri, G. 1992. Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. Soil Biol. Biochem. 24, 373-380. Proceedings.

Ramos, R. R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.

Revista Claridades Agropecuarias No. 84, Agosto 2000. www.infoaserca.gob.mx

Sánchez – Andréu J., Jordá, J., Juárez, M. 1994. Humic Substances. Incidence on crop fertility Acta Horticulturae. 357:303-313.

Schnitzer, M. and Khan, S. U. 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker Inc., New York.

Schnitzer, M. 1978. Humic Substances: Chemistry and reactions: in Soils Organic Matter (Ed.) Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter. Elsevir, Amsterdam.

Schnitzer, M. and Khan, S. U. 1978. Soil Organic Matter. Development in Soil Scien., Pub. Co., Amsterdam. http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_5n1/Mirave.pdf.

Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter-The Next 75 Years. Soils Science. 51: 41-58.

Schnitzer, M. and Schulten, H. R., 1995. Analysis of organic matter in soli extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. Ed. D. L. Sparks. Advances in Agromomy, Academic Press. 55: 167-217.

Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed). Advance in Agronomy. Academic press, 68: 3-58.

Seok, I. Y. and Bartlett, R. J. 1976. Stimulation Plant Growth by Substances. Soil. Sci. Soc. Am. J; 40. 876-879.

Singh, B. K., Gonzales, C. R., Arrieta, H., Araya, C. 1997. Ácidos Húmicos en la Agricultura: ECO HUM-DX. Guácimo, Costa Rica, EARTH. 62 P.

Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. Biol. Plant. 1, 142-150.

Stevenson, F. J. 1984. Humus Chemistry: Genesis, composition reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.

Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reacciones, 2^a ed. John Wiley & Sons, New York, U. S. A. 495 p.

Trade Corp, 2001. Informe Técnico Humistar. España.

Varanini, Z. y Pintor, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany, 56, 97-116.

Vaughan, D., Linehan, D. J. 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant Soil. 44: 445-449.

Vaughan, D. and Ord, B. G. 1981. Uptake and incorporation of ¹⁴C- labelled soil organic matter by roots of *pisum sativum* L. J. Exp. Bot. 32, 679-687.

Vaughan, D. and Malcolm R, E. 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. Germany.

Vázquez V. J. J. 2009. Determinación *in vitro* de las Propiedades Fungicidas de los Ácidos Fúlvicos en *Fusarium moniliforme* (Sheldon) y *Trichoderma harzianum* (Rifai). Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mex.

Weston, L. A. and Zandstra, B. H. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes HortScience 24: 88-90.

Zapata, P.; Cabrera, P.; Bañon, S. y Roth, P. 1989. El melón. Editorial: Mundi-prensa. Ejemplar 1. Madrid, España.

Consulta electrónica

http://www.oikossolutions.com/uploaded/mod_documentos/La_Leonardita.pdf

<http://www.terralia.com/articulo.php?recordID=902#bibliografia>

<http://www.oikossolutions.com/noticia/26/LEONARDITA%20editada.pdf>

<http://www.lombricol.com/index.htm>

<http://www.redaly.uamex.mx/pdf/573/57321402.pdf>