

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



Comportamiento de un Fulvato de Potasio y Magnesio en la Calidad de
la Fresa

Por:

GUSTAVO ORTIZ ARANDIA

TESIS

Presenta como Requisito Parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Octubre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Comportamiento de un Fulvato de Potasio y Magnesio en la Calidad de la Fresa

Por:

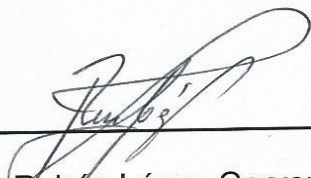
GUSTAVO ORTIZ ARANDIA

TESIS

Elaborada por la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el título de:

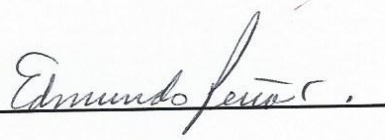
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobado por:



Dr. Rubén López Cervantes

Asesor Principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes

Coasesor



MC. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme un vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A MI ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por permitirme realizar una etapa más de mi formación profesional, a través del Departamento de Ciencias del Suelo.

Quiero Agradecer a Mis Asesores de Tesis:

Dr. Rubén López Cervantes, Dr. Edmundo Peña Cervantes, M.C Fidel Maximiano Peña Ramos, les agradezco por su disposición y ayuda en la revisión del presente trabajo y por su amistad, en especial al Dr. Rubén López Cervantes es un ejemplo a seguir su sabios consejos, sus atenciones, por su valioso tiempo y algo muy importante su "amistad" gracias por todo.

A mis compañeros de generación que conforman ciencias del suelo, así como amigos de diferentes especialidades por su amistad y los gratos momentos que pasamos juntos.

Al departamento de ciencias del suelo por brindarme todo el apoyo y permitirme terminar todo mis estudios profesionales.

DEDICATORIA

Con mucho amor dedicación a mis padres

La Sra. Serafina Arandía Nava y el Sr. Isidro Ortiz Nieto

Porque gracias a su cariño, guía y apoyo incondicional he llegado a realizar uno de mis anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso apoyo brindado, amor y confianza que en mí depositaron y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales que constituye el legado más grande que pudiera recibir y por el cual viviere eternamente agradecido.

A mis hermanos

Victoria, Martha, Adán, Victoriano. Por su amor, cariño, comprensión, por apoyo económico, por sus sabios consejos y la confianza que pusieron en mí, y que con sacrificio y lucha me ayudaron a culminar mis estudios una más de mis metas en la vida, muchas gracias por ser de mí una persona de bien, los quiero mucho y siempre los llevo en mi corazón donde quiera que vaya.

A mi novia Gabriela Abasolo Valle. Gracias por todo el cariño, comprensión, el apoyo que me has brindando y sobre todo por tu amor.

A mis tíos y cuñados Álvaro, Fernando, Roberto (+), Nicolás, Leopoldo, Alejandro. Por brindar el apoyo moral, comprensión, por sus sabios consejos y la confianza que pusieron en mí.

Mis Tías y sobrinos Esperanza, Sabina, Yohana, Joselyn, Toño, Francisco Javier, Lalo. Por brindarme cariño, por los gratos e inolvidables momentos de felicidad.

Mis amigos Isaías, Claudio, Crescenciano, Rosalba, Rolando, Claudia, Eric, Odón, Braulio y a mis compañeros de generación de la carrera de Ingeniero Agrícola y Ambiental. Por brindarme su amistad incondicional y por los buenos momentos que compartimos. Los llevare en mi corazón.

A mi padrino Felipe y al ing. Rogelio. Por brindarme apoyo, por sus sabios consejos, y la confianza que pusieron en mí.

A los pobres del mundo, que no son precisamente los que no tienen nada, sino los que saben dar a cada cosa su valor.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	VII
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
General	3
Específico	3
HIPOTESIS	3
REVISION DE LITERATURA	4
Descripción Botánica de la Fresa	4
El Magnesio (Mg)	5
El Potasio (K)	6
Las Substancias Húmicas	6
Los Ácidos Fúlvicos	7
Interacción entre las SH y los Nutrientos	8
MATERIALES Y METODOS	10
Localidad del Área Experimental	10
Metodología	10
RESULTADOS	12
Análisis Nutricional	24
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIÓN	27
LITERATURA CITADA	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, variedad “Festival”	11
2. Análisis de varianza y comparación media para las unidades SPAD en fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.....	12
3. Análisis de varianza y comparación de media para la clorofila en fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	13
4. Análisis de varianza para el peso de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	14
5. Análisis de varianza para la longitud de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	15
6. Análisis de varianza y comparación de media para el diámetro ecuatorial de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	15
7. Análisis de varianza y comparación de media para la firmeza de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	16
8. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	17
9. Análisis de varianza y comparación media para el número de frutos de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.....	18
10. Análisis de varianza para el área foliar de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	18
11. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	20
12. Análisis de varianza para el contenido de fosforo del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	20
13. Análisis de varianza para el contenido de potasio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio	20
14. Análisis de varianza para el contenido de calcio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	21

15. Análisis de varianza para el contenido de magnesio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	21
16. Análisis de varianza para el contenido de fierro del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio	22
17. Análisis de varianza para el contenido de cobre del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio	23
18. Análisis de varianza para el contenido de zinc del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	23
19. Análisis nutrimental, con el método de la Desviación Optima Porcentual (DOP), de tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estructura química de los AF (Buffle et al. 1977).....	8
2. Unidades SPAD de follaje de fresa, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio.	12
3. Contenido de clorofila de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.	13
4. Peso de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.....	14
5. Longitud y diámetro ecuatorial de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.	15
6. Firmeza de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio	16
7. Sólidos solubles totales de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.	17
8. Número de frutos de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio	18
9. Área foliar de plantas de fresa, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio.	19
10. Contenido de nitrógeno total, fosforo, potasio, calcio y magnesio detejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de un Fulvato de Potasio y Magnesio	22
11. Contenido de fierro, cobre y zinc de tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio.	23

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio, en la calidad de la fresa, se plantaron en un Andosol plántulas de la variedad “Festival”; se les adicionaron 6, 8 y 10 ml L⁻¹ de agua de un Fulvato de Potasio y Magnesio (FKMg), 4 ml L⁻¹ de ácidos fúlvicos solos (AF4) y una solución nutritiva (FQ) como control. Las variables medidas a la planta fueron: Unidades SPAD (SPAD), clorofila (CL), área foliar (AF) y al tejido vegetal de follaje, Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) y al fruto: peso (PF), longitud (LF) y diámetro ecuatorial (DE), firmeza (FIR), sólidos solubles totales (SST-°Brix) y número de frutos (NF). Mediante el Método de la Desviación Óptima Porcentual (DOP), se realizó un análisis nutrimental. Se encontró que con 6 ml L⁻¹ del FKMg, se aventajó a FQ en 5 % en las Unidades SPAD y CL; con el mismo tratamiento se adelantó en 11 % a la FQ en DE. Con 8 ml.L⁻¹ del FKMg, se superó a la FQ en PF, NF y AF en 12, 67 y 11 %, respectivamente; mientras que, la FQ realizó el efecto mayor en LF y SST. En todos los nutrimentos medidos, con excepción del N, 10 ml L⁻¹ del FKMg realizaron el efecto superior. Se concluye que, las dosis media y alta, realizaron efecto positivo en las variables medidas a la planta y al fruto; pero no, en la longitud del fruto y los sólidos solubles totales y la dosis alta, lo efectuó en todos los nutrimentos medidos al tejido vegetal de follaje.

Palabras clave: sustancias húmicas, fulvato, ácidos fúlvicos, fresa.

Correo Electronico; Gustavo Ortiz arandia, chanito_oa91@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), en México, se cultiva en 13 Estados con 8,600 has sembradas en el 2013 y la producción de 378,000 toneladas. En el 2013, el estado de Michoacán ocupó el primer lugar en producción con la superficie de 4006 has; es el municipio de Zamora, donde se concentra la mayor producción en el país y se aporta el 58 por ciento de la producción nacional, seguido de Baja California y Guanajuato con 2000 y 940 has, respectivamente, estos estados contribuyen con el 28 por ciento del total de la producción nacional (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera – SIAP).

Este cultivo requiere de una gran cantidad de mano de obra, sobre todo para la colecta del fruto; también, dentro de los insumos, se tiene que el uso de fertilizantes químicos, son la alternativa perfectamente establecida que suplen las necesidades nutrimentales de los cultivos; sin embargo, en la actualidad los precios de estos productos son bastante elevados y el uso irracional de estos compuestos, está provocando sobresaturación de sales en los suelos, sobre todo los de origen sedimentario y esto conlleva problemas al medio ambiente.

Por lo comentado, no solo para la fresa sino para todos los cultivos, se hace necesaria la búsqueda de alternativas ecológica y económicamente factibles, para incrementar la calidad y producción. Una alternativa muy viable en México, es el uso de sustancias húmicas (SH), las que son definidas por la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS - 2013), como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación) y de acuerdo con Stevenson (1994), se clasifican en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

A los AH y los AF, se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros, dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (OH) y en los segundos, los grupos carboxilos (-COOH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000); además, presentan alta capacidad para intercambiar cationes (Stevenson, 1994). Gracias a lo anterior, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrimentos, son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante. En el caso del presente trabajo, al unirse los AF al potasio (K) y al magnesio (Mg), son fulvatos de Mg y K.

Entre el 40 y 60 por ciento del K, los cultivos lo necesitan en la etapa vegetativa. El K es un nutrimento de extrema movilidad dentro de la planta, ya sea por el torrente xilemático hacia las hojas jóvenes y/o por el floema para formar moléculas de ATPasa; es vital en el crecimiento de meristemas, la turgencia de hojas jóvenes, disminuye el ataque de plagas y enfermedades, reduce los efectos por cambios bruscos de temperatura y en la apertura y cierre de los estomas (Marschner, 1995). Para Cakmak (2014), el Mg ocupa un lugar preponderante en la formación de la molécula de clorofila, activa varias enzimas como la fosfatasa, interviene en la formación de proteínas y moléculas de ATP y es fundamental en la formación y síntesis de carbohidratos; además, comenta que los fertilizantes químicos de este nutrimento, no deben mezclarse con los de K.

Así, Mengel y Kirkby, (2000), establecen que generalmente la concentración de Mg^{2+} en la solución del suelo es mayor que la de K^{+} ; pero, la tasa de absorción de Mg^{2+} por las células radiculares, es mucho menor que la de K^{+} ; de ahí, que en este trabajo se optó por mezclar ácidos fúlvicos con ambos nutrimentos y adicionarlos por vía foliar.

OBJETIVOS

General

Determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio, en la calidad de la fresa.

Específico

Establecer la dosis optima de un fulvato de potasio y magnesio, en la calidad de la fresa.

HIPÓTESIS

Al menos una dosis de un fulvato de potasio y magnesio, tienen efecto positivo al aumentar la calidad de la fresa.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción Botánica de la Fresa

La fresa, aunque en el ámbito técnico es considerada una especie hortícola herbácea y acaulescente realmente es una planta leñosa y perenne a la que se le aplican los parámetros fisiológicos de los árboles y arbustos caducifolios. A medida que la corona envejece se van lignificando algunos tejidos conductivos y crecen las coronas laterales. “Las raíces funcionales, hojas y otros órganos se forman sobre la parte leñosa de la corona, haciendo que parezca un árbol de hoja caduca con sus mismas respuestas esenciales al medio ambiente. Por esta razón a veces se piensa que la planta de fresa es más bien una planta leñosa de vida corta”.

La fresa es considerada una especie hortícola herbácea aunque las raíces funcionales, hojas y otros órganos se forman sobre la parte leñosa de la corona, similar a lo que ocurre en una especie caducifolia. La planta de fresa puede ser considerada como una planta perenne y leñosa de vida corta a la que se le aplican los mismos parámetros fisiológicos de los árboles y arbustos de hoja caduca. (Conafre A.C, 2007).

En la primera parada vegetativa, las reservas se acumulan en raíces, corona y hojas viejas. Esta acumulación de reservas servirá para la posterior formación de flores y frutos cuando se reinicie la actividad. En general parece ser, que desde un punto de vista productivo, siempre resulta positivo disponer del mayor número de plantas con el mayor número de coronas posibles. La etapa vegetativa y la fase productiva se ven determinadas por acción del fotoperiodo y de las temperaturas. En variedades las reflorescentes por los días largos, aunque también la temperatura puede influir en mayores o menores necesidades de luz. El fresón es un cultivo que presenta una relativa latencia debido a que necesita una cierta acumulación de horas frío para vegetar. Dependiendo de cultivares necesitarán más o menos horas. En ciertos experimentos se ha observado que la aplicación de frío durante dos semanas, junto con la utilización de plantas procedentes de zonas altas da mejor producción que plantas obtenidas en viveros del área del mediterráneo valenciano. La floración es el resultado de un complejo

equilibrio hormonal en el que influyen un gran número de factores: frío, fotoperiodo, irrigación, disponibilidad de nutrientes, vigor de la planta, etc, sin que pueda decirse que el fotoperiodo sea el más influyente. En variedades no reincidentes se ha visto que un deshojado tras la recolección puede desencadenar una segunda floración. En general los factores que bajan el crecimiento vegetativo disminuyen la floración. (INCA Rural- 2005).

El Magnesio (Mg)

Castellanos *et al.* (2000), argumentan que el Mg forma parte esencial de la clorofila, es necesario para la actividad enzimática incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP; así como, es fundamental para formar carbohidratos, grasas y ceras. La propiedad más importante del Mg es su solubilidad, ya que la mayoría de los fertilizantes son de muy baja solubilidad. Su abundancia sugiere una multiplicidad de funciones, principalmente como activador de reacciones enzimáticas. Entre las reacciones en las que participa el Mg, están las de transferencia de fosfato nucleótidos (fosfatasas, kinasas, ATPasas, sintetetas, nucleótido - transferasas), de grupos carboxilos (carboxilasas, descarboxilasas) y activador de deshidrogenasas, mutasas y liasas.

El Mg, es absorbido por las plantas como ion Mg^{+2} (Marschner, 1986; Mengel y Kirkby, 2000). Este elemento constituye normalmente cerca del 0.5 por ciento de la biomasa total de las plantas (Navarro y Navarro, 2003); sin embargo, para Larcher (2003), las diferentes especies vegetales pueden presentar un rango relativamente amplio en su contenido total, entre 0.07 y 9 por ciento. El Mg se absorbe mejor por las plantas, cuando el pH del suelo es de 5 que a pH 7, aunque los humatos favorecen dicha absorción a ambos pH. La acción negativa mostrada por un inhibidor metabólico como el 2,4-dinitrofenol, demuestra que los ácidos húmicos actúan a través de procesos metabólicos (Sánchez - Andreu, 1994).

El Potasio (K)

El K, es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten el funcionamiento de sistemas agrícolas, porque cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. En gran parte de los suelos su disponibilidad aún no es limitante, en zonas tropicales y subtropicales, con suelos más meteorizados como los Oxisoles y Ultisoles, el agregado de K a través del uso de fertilizantes es una práctica cotidiana. Conocer las bases de su dinámica en sistemas agrícolas, es el primer paso para el diseño de estrategias de fertilización sustentables (Rodríguez, 1990).

Las funciones del K en las plantas, se caracteriza porque activa una enzima llamada almidón sintasa, que cataliza la síntesis de la formación de almidones en los cloroplastos a partir de difosfoglucosa de adenina (ADPG); esta es una de las razones por las cuales dicho K, es esencial para las plantas y que probablemente sean azúcares solubles y no almidones los que se acumulan en las plantas con deficiencias de K (Salisbury y Ross, 1994 y Marschner, 1986).

Las Substancias Húmicas

El amplio uso de fertilizantes químicos y pesticidas está contaminando el suelo, el agua y el aire, lo cual reduce la producción cada año; por ello, se está empleando la Agricultura Orgánica (AO), la que tiene por objetivos primordiales la protección de la fertilidad de los suelos y el aumento en la producción, con la mínima utilización de productos químicos (Eshghi y Garszhian, 2015).

En los últimos 25 años, en México, con el auge de la AO y la Agricultura Sostenible y/o Sustentable, el uso de Substancias Húmicas (SH) aumentó considerablemente, porque es una alternativa ecológica y económicamente factible para aumentar la producción; así, la Sociedad Internacional de Substancias Húmicas (IHSS - 2013), las define como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y

aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación) y de acuerdo con Stevenson (1994), se clasifican en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

A los AH y los AF, se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros, dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (-OH) y en los segundos, los grupos carboxilos (-COOH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000); además, presentan alta capacidad para intercambiar cationes (Stevenson, 1994). Gracias a lo anterior, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrientes, son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante.

Los Ácidos Fúlvicos

Los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara, contenido bajo de carbono (menos del 50 por ciento) y porque son solubles en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales; es decir, son solubles a cualquier condición de pH, pero los AH son solubles en álcali y precipitan a pH de ligeramente ácido a ácido. Los AF pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida, forman sustancias reductoras, tienen alta capacidad de cambio (de 700 a 1200 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos $-\text{R}_2\text{O}_3$ que poseen gran movilidad; por lo tanto, no existen dudas sobre los AF como grupos independientes de materiales húmicos con propiedades distintas a la de los AH. (Meléndez, 2003).

La estructura de los AF, está formada con mayor cantidad de grupos funcionales de carácter ácido que los AH, particularmente carboxilos y fenoles. (Stevenson 1994; Schnitzer, 1990).

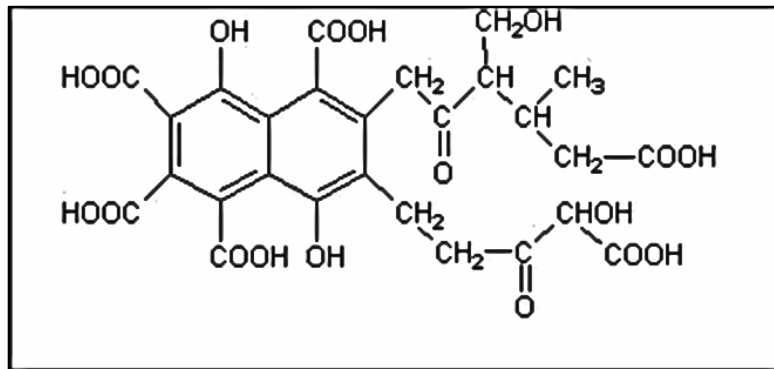


Figura 1. Estructura química de los AF (Buffle et al. 1977).

Interacción entre las SH y los Nutrientes

Análisis de las SH, han presentado que los principales elementos y compuestos que las constituyen, son el oxígeno, los nitratos y átomos de azufre que forman parte de cadenas de carbono. Además, poseen grupos funcionales fenólicos (-OH) que actúan como intercambiadores de cationes y quelatador de cationes metálicos; además, son buena fuente de energía para los microorganismos benéficos del suelo (Zimmer, 2004). También, contienen polisacáridos, ácidos grasos, polipéptidos, ligninas, esterés, éteres, fenoles, carbonilos, quinonas, lípidos y peróxidos, los que por degradación oxidativa producen grupos alifáticos, fenólicos y carboxílicos, unidos a los ciclos del benceno (Cacco y Dell Agnolla, 1984).

Las SH, juegan un rol vital en la fertilidad del suelo y su aplicación incrementa el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de los nutrientes (Ameri y Tehranifar, 2012); además, comentan que plantas producidas en suelos que contienen adecuadas cantidades de SH, están sujetas a menos estrés, son más saludables y producen mayor cantidad de frutos y por consiguiente, mayor calidad de estos.

Para Khaled y Hassan (2011), las SH mejoran las propiedades del suelo como la estructura, porosidad, permeabilidad, la capacidad de retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico y el equilibrio entre los nutrientes quelatados y su absorción por las plantas. Nardi *et al.* (2002) y Salman *et al.* (2005), establecen que estas sustancias afectan la

solubilidad de los nutrimentos, sobre todo cuando funcionan como agentes quelatantes de cationes metálicos. También comentan que, en recientes estudios las SH tienen efecto positivo en la germinación de semillas, crecimiento de la plúmula, iniciación y crecimiento de la raíz, desarrollo de tallos y disponibilidad de nutrimentos para la planta; por ejemplo, hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

Una gran cantidad de estudios, han sido consagrados a determinar el efecto de las SH en los vegetales como tomate, chile, papa, maíz, cebolla, rábano, caña de azúcar, café, durazno, manzano, piña, arándano, zarzamora y frambuesa; pero, en fresa es muy reducido el número de estudios realizados hasta la fecha. Así, Ameri y Tehranifar (2012), encontraron incremento en la producción de materia seca de frutos de fresa. Eshghi y Garazhian (2015), adicionaron varias dosis de un fertilizante orgánico, que contenía 13.5 por ciento de ácidos húmicos procedentes de Leonardita a plantas de fresa de la variedad “Paros”, bajo condiciones de invernadero y encontraron aumento del crecimiento de la plántula, producción y calidad del fruto de fresa.

Arancón *et al.* (2002), extrajeron ácidos húmicos de una lombricomposta elaborada con estiércol de bovino, residuos de alimentos y papel; además, adicionaron una solución nutritiva completa (Peters Professional). Los ácidos húmicos, fueron agregados a las dosis de 0, 20, 100, 150, 200, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 mgkg⁻¹ a plántula de fresa, variedad “Tribute” y encontraron efecto significativo, al incrementar el peso seco de raíz, el peso del fruto, peso seco del tallo y el área foliar. También, que con la adición de entre 50 y 500 mgkg⁻¹ de los ácidos húmicos, se presentaron los incrementos; pero, con las dosis superiores a 1000 mgkg⁻¹, los valores disminuyeron considerablemente. Estos mismos investigadores, solo que en el año 2006, mezclaron los ácidos húmicos extraídos de la lombricomposta y ácido indol acético (IAA) y encontraron que al realizar la mezcla, se presentó un incremento de raíces laterales y pelos radiculares, lo que repercute en la absorción de nutrimentos y así, se presenta mayor producción y con frutos de mejor calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad del Área Experimental

La presente investigación, se efectuó en un invernadero del área experimental del Departamento Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México; ubicada geográficamente en los 25° 21' de Latitud Norte y 101° 02' de Longitud Oeste y a una altitud de 1742 m.s.n.m.

Metodología

Plántula de la variedad “Festival”, que fueron adquiridas en Irapuato, Guanajuato, se trasplantaron en macetas de plástico, que contenían el horizonte Ap de un Andosol, colectado en Zamora, Michoacán cuyas características principales es que cuenta con pH de 6.8; conductividad eléctrica de 0.069 ds.m⁻¹, textura arenosa y 1.5 % de materia orgánica. Tres días después del trasplante, se fertilizó con una solución nutritiva completa, con base en los Índices de Steiner y la conductividad eléctrica de 2.0 ds.m⁻¹.

La elaboración de los tratamientos se realizó de la manera siguiente: para el Fulvato, se mezcló un ácido fúlvico extraído de Leonardita con hidróxido de potasio 0.2 N (KOH, 0.2 N) y se le agregaron potasio y magnesio; ambos elementos al uno por ciento y como fuente, se emplearon nitrato de potasio y sulfato de magnesio (FKMg). Las dosis empleadas del fulvato, fueron: 6, 8 y 10 ml L⁻¹ de agua. Otro tratamiento a base de ácidos fúlvicos solos, a la cantidad de 4 ml L⁻¹ y como testigo, fertilización química (Cuadro 1). Todos aplicados por vía foliar.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, variedad “Festival”.

Tratamientos	Dosis (ml L ⁻¹ de agua)
FKMg	6
FKMg	8
FKMg	10
AF	4
FQ	100 %

FKMg: Fulvato de potasio y magnesio; AF: Ácidos fúlvicos solos; FQ: Fertilización química.

Las variables medidas a la planta fueron: Unidades SPAD (SPAD), clorofila (CL), área foliar (AF) y al tejido vegetal de follaje, la concentración de Nitrógeno (N) (Kjeldalh), Fósforo (P) (Fotocolorímetro: azul de molibdeno) y K, Calcio (Ca), Mg, Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) (Espectrofotómetro de absorción atómica, Modelo Varian A-5) y al fruto: peso (PF), longitud (LF) y diámetro ecuatorial (DE) (Vernier Scherr-Tumico), firmeza (FIR) (penetrometro, Fruit Hardress Tester, Modelo FHT 200. EXTECH, Instruments) sólidos solubles totales (SST-°Brix - Refractómetro, Master Refractometer, Marca ATAGO) y numero de frutos (NF). Mediante el Método de la Desviación Optima Porcentual (DOP), se realizó un análisis nutrimental.

El trabajo, se distribuyó de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, seis tratamientos (un testigo =FQ) y cinco repeticiones por tratamiento. A los datos generados, se les efectuó el análisis estadístico el que consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, con el método de Tukey ($\alpha = 0.05$); es para dicho análisis, se empleó el paquete estadístico Minitab, versión 16 en Español para Windows.

RESULTADOS

En los Cuadros 2 y 3, se puede observar que los tratamientos no mostraron efecto significativo ($p > 0.05$) en las unidades, SPAD y contenido de clorofila, sin embargo en la Figura 2 al aplicar fulvato de potasio y magnesio, sobreestimó en un cinco por ciento al Control más bajos al adicionar la dosis media y alta del compuesto. Similarmente ocurrió en los contenidos de clorofila (Figura 3).

Cuadro 2. Análisis de varianza y comparación media para las unidades SPAD en fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	50.11	12.53	0.42	0.794 ^{NS}
Error	20	600.78	30.04		
Total	24	650.89			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 10.368

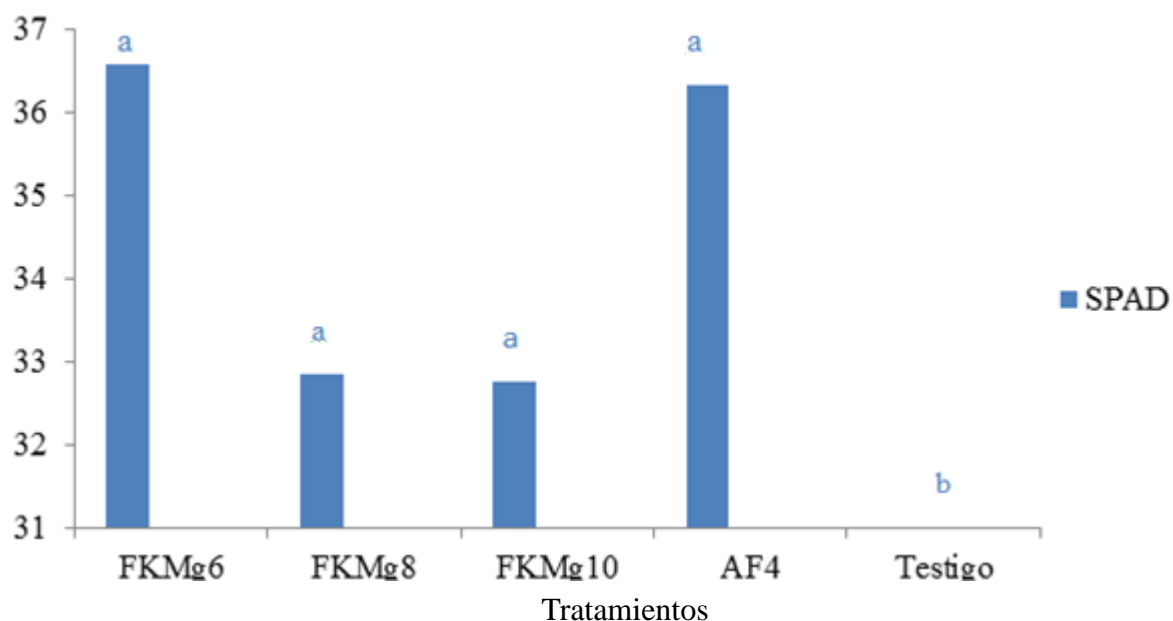


Figura 2. Unidades SPAD de follaje de fresa, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio.

Cuadro 3. Análisis de varianza y comparación de media para la clorofila en fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamientos	4	0.0000972	0.0000243	0.45	0.774 ^{NS}
Error	20	0.001091	0.0000545		
Total	24	0.0011882			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 0.014

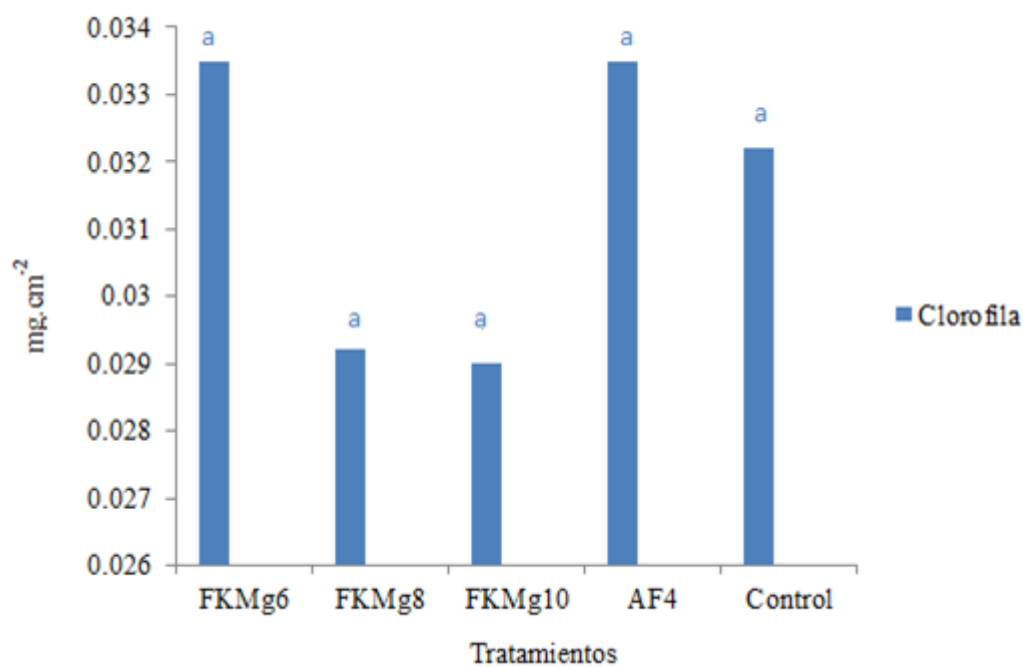


Figura 3. Contenido de clorofila de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.

En el peso del fruto, los tratamientos presentaron efecto significativo ($p < 0.05$), (Cuadro 4) Con la aplicación de FKMg, se superó en 12 por ciento al Control y con la dosis alta se presentó el inferior valor (Figura 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza para el peso de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	4940.7	1235.2	3.64	0.022*
Error	20	6795.2	339.8		
Total	24	11735.9			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 34.871

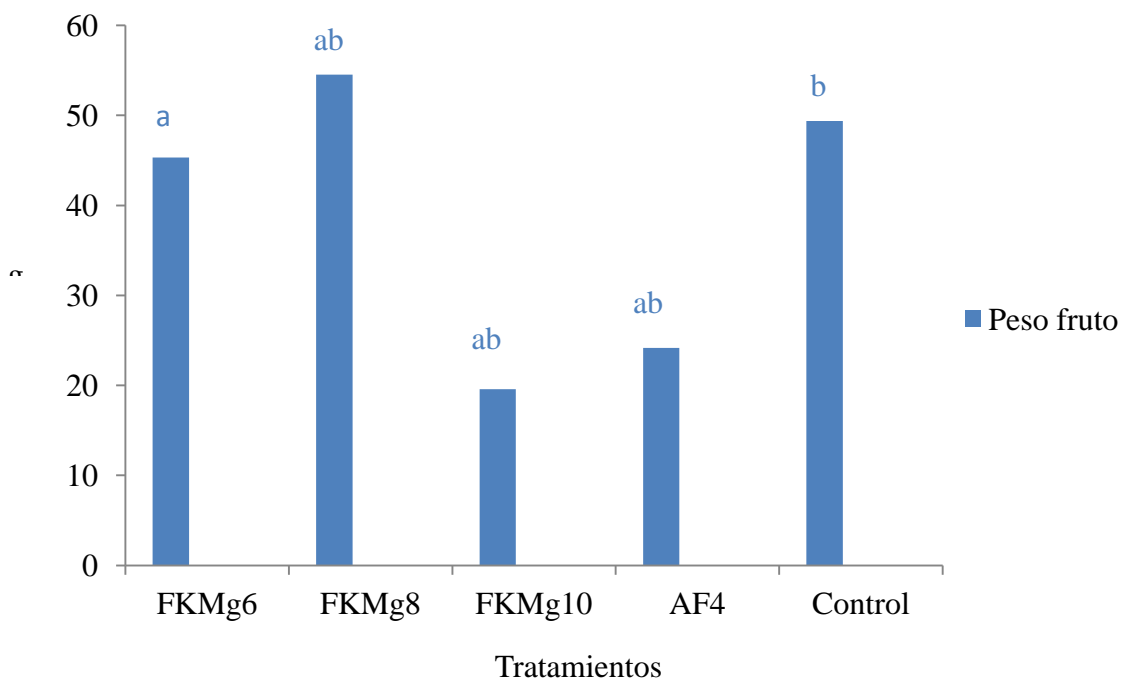


Figura 4. Peso de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.

Los tratamientos no se mostraron efecto significativo ($p > 0.05$) en la longitud del fruto (Cuadro 5); pero, en el diámetro ecuatorial del fruto, el efecto fue altamente significativo (Cuadro 6). En la Figura 5, se observa como al aumentar la dosis de fulvato de potasio y magnesio, en el tratamiento con cuatro litros de los ácidos fúlvicos y en el Control, los valores de ambas variables aumentaron. Así, el Control sobrepasó en 10 y 11 por ciento, respectivamente a la dosis de seis litros de fulvato de potasio y magnesio (FKMg6).

Cuadro 5. Análisis de varianza para la longitud de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	1.3926	0.3482	2.1	0.119 ^{NS}
Error	20	3.3167	0.1658		
Total	24	4.7093			

Comparación de medias método de tukey
Tukey = 0.770

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de media para el diámetro ecuatorial de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	1.05106	0.26277	8.33	0.000**
Error	20	0.63108	0.03155		
Total	24	1.68214			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey = 0.336

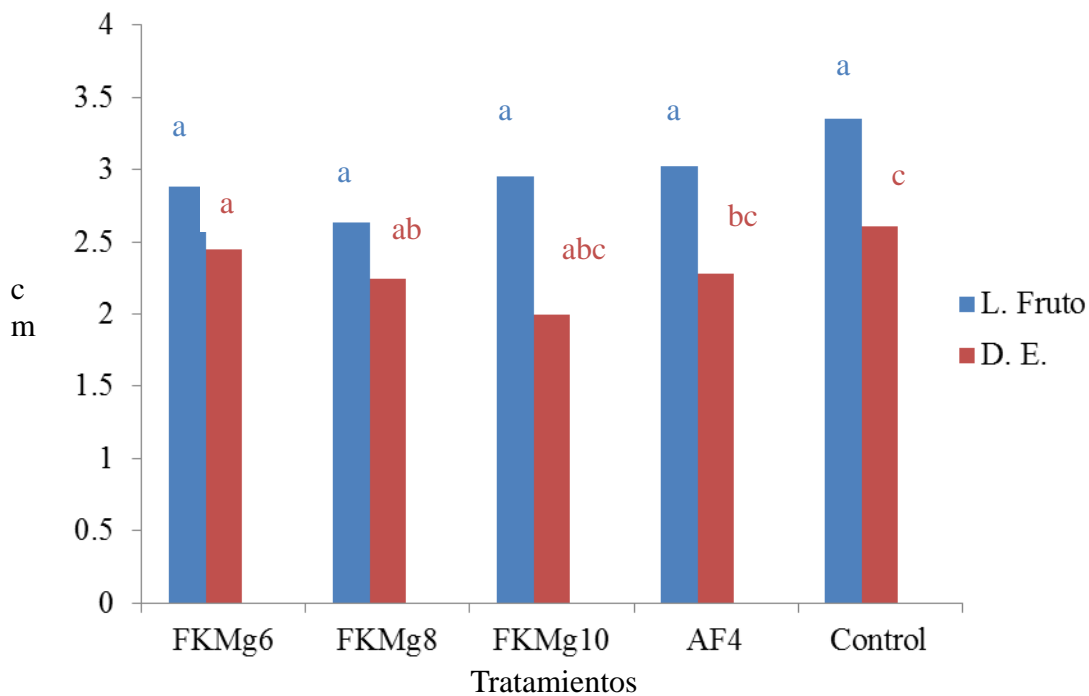


Figura 5. Longitud y diámetro ecuatorial de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.

Los tratamientos, no mostraron efecto significativo ($p < 0.05$) en la firmeza del fruto (Cuadro 7); sin embargo, de forma gráfica se puede establecer que con la dosis media de fulvato de potasio y magnesio (FKMg8), se presentó la cuantía superior, en relación a las dosis baja y alta, pero fue 11 por ciento inferior al tratamiento de cuatro litros de los ácidos fúlvicos (Figura 6).

Cuadro 7. Análisis de varianza y comparación de media para la firmeza de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	2.4057	0.6014	1.76	0.177 ^{NS}
Error	20	6.8396	0.342		
Total	24	9.2454			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 1.106

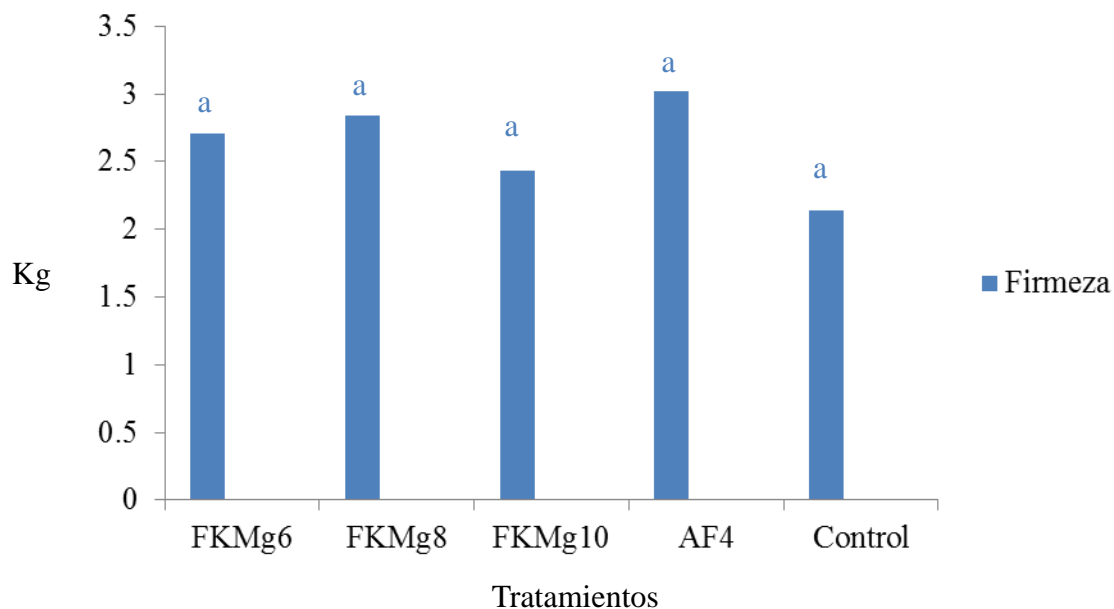


Figura 6. Firmeza de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

En el Cuadro 8, se observa que los tratamientos no realizaron efecto significativo ($p < 0.05$) en los sólidos solubles totales; además, en la Figura 6 se manifiesta como en el Control se aventajó a los valores de los demás tratamientos y se observa que este fue de 15 por ciento a donde se adicionaron los ácidos fúlvicos solos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	7.235	1.809	1.01	0.428 ^{NS}
Error	20	35.964	1.798		
Total	24	43.198			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 2.537

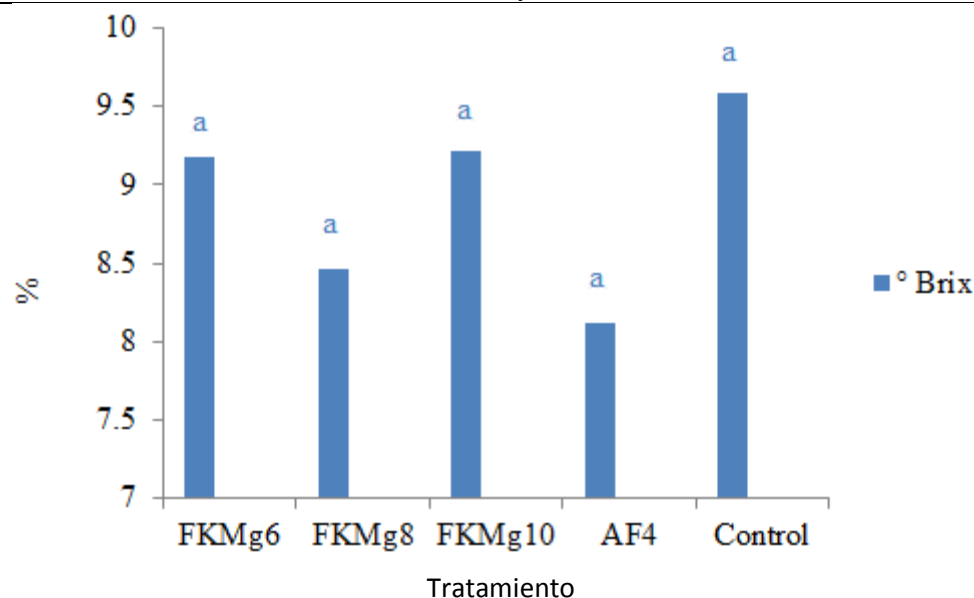


Figura 7. Sólidos solubles totales de fruto de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio.

En el número de frutos, los tratamientos fueron significativos ($p > 0.05$), (Cuadro 9), con la adición de fulvato de potasio y magnesio (FKMg8); es decir, la dosis media del compuesto órgano – mineral, se superó al Control en 67 por ciento (Figura). Caso similar se presentó en el área foliar, (Cuadro 10) y el valor del FKMg8 fue 11 por ciento superior (Figura 8).

Cuadro 9. Análisis de varianza y comparación media para el número de frutos de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	77.84	19.46	4.66	0.008**
Error	20	83.6	4.18		
Total	24	161.44			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 3.868

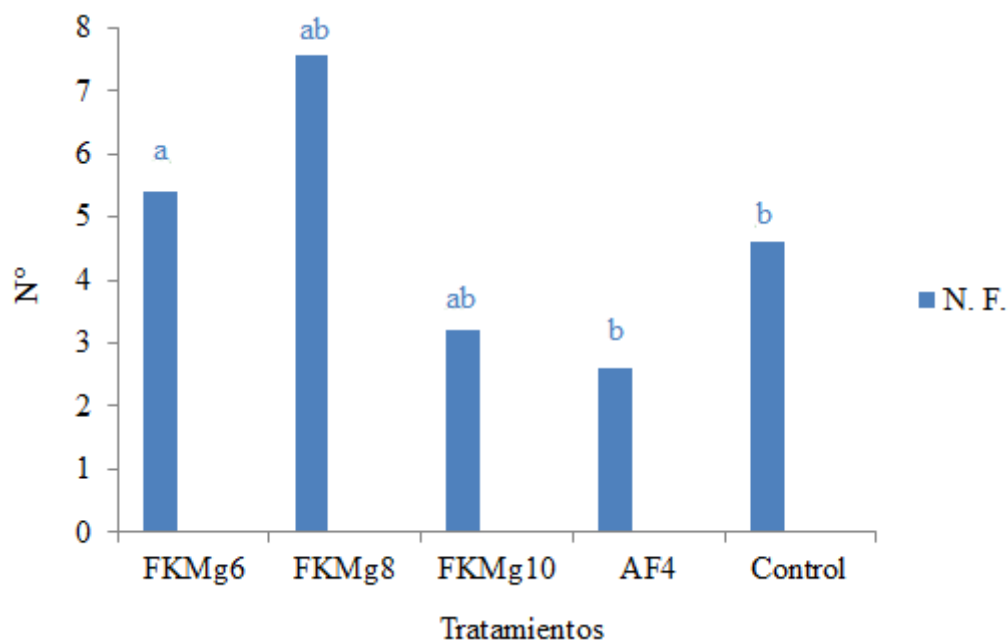


Figura 8. Número de frutos de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio

Cuadro 10. Análisis de varianza para el área foliar de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	81.99	20.498	4.25	0.012*
Error	20	96.45	4.822		
Total	24	178.44			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey = 4.154

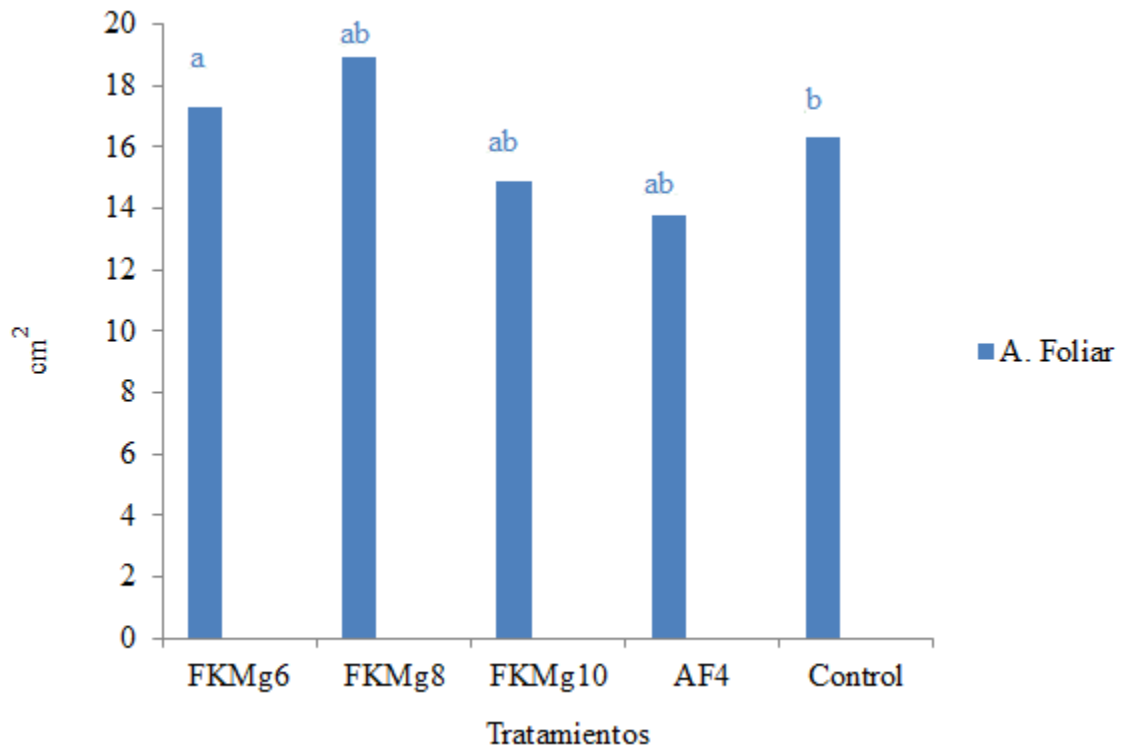


Figura 9. Área foliar de plantas de fresa, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio.

En el contenido de nitrógeno (N), los tratamientos no realizaron efecto significativo ($p > 0.05$), Cuadro 11; mientras que, en los contenidos de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), el efecto de los tratamientos fue significativo ($p > 0.05$), cuadros 12, 13, 14 y 15. Con base en la Figura 10, se establece que conforme aumentó la dosis de fulvato de potasio y magnesio, aumentó el valor del N pero con el Control se presentó el valor más alto. En el contenido de P del tejido vegetal de follaje, se tiene que con la dosis alta de fulvato de potasio y magnesio (FKMg10), se alcanzó el superior valor de este macronutriente. Similar situación fue en el K; mientras que, con la dosis media (FKMg8), se presentó la mayor cuantía de Ca y con la dosis alta (FKMg10), la de Mg.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	0.684	0.171	1.35	0.287 ^{NS}
Error	20	2.536	0.1268		
Total	24	3.22			
Comparación de medias método de tukey					
Valor Tukey = 0.674					

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de fosforo del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	0.162976	0.040744	18.4	0.000**
Error	20	0.04428	0.002214		
Total	24	0.207256			
Comparación de medias método de tukey					
Valor tukey = 0.089					

Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido de potasio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	13.028	3.257	61.42	0.000**
Error	20	1.0606	0.053		
Total	24	14.0886			
Comparación de medias método de tukey					
Valor Tukey = 0.436					

Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido de calcio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	2.96522	0.7413	16.81	0.000**
Error	20	0.88208	0.0441		
Total	24	3.8473			
Comparación de medias método de tukey					
Valor Tukey = 0.397					

Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de magnesio del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	0.058784	0.014696	9.22	0.000**
Error	20	0.03188	0.001594		
Total	24	0.090664			
Comparación de medias método de tukey					
Valor Tukey= 0.076					

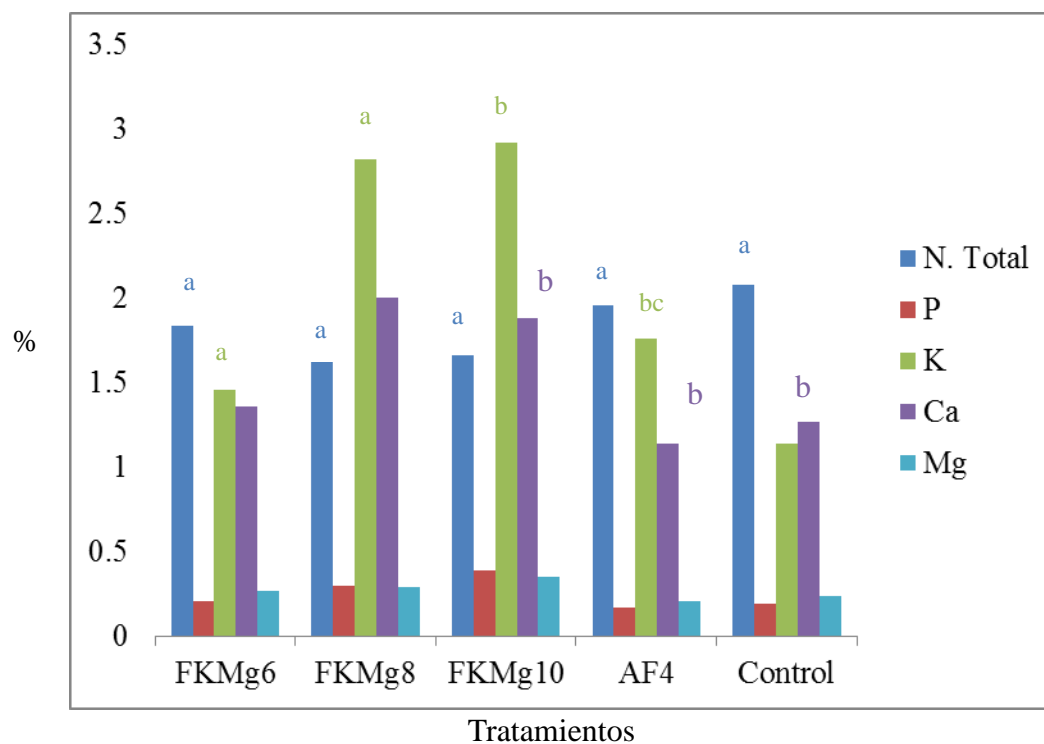


Figura 10. Contenido de nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio y magnesio de tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de un Fulvato de Potasio y Magnesio

En los Cuadros 16, 17 y 18, se muestra que los tratamientos realizaron efecto significativo ($p < 0.05$) en los contenidos de hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn). Aquí, se tiene que conforme aumentó la dosis de fulvato de potasio y magnesio, los valores de Fe también fueron mayores y con la adición de los ácidos fúlvicos y el Control, disminuyeron de manera significativa. Con el Control, se presentó el mayor valor del Cu y con la adición de la dosis alta, se superó a todos los demás valores de los otros tratamientos (Figura 11).

Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de hierro del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	2146.16	536.54	32.13	0.000**
Error	20	334	16.7		
Total	24	2480.16			

Comparación de medias métodos de tukey
Valor Tukey= 7.731

Cuadro 17. Análisis de varianza para el contenido de cobre del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	6.2896	1.5724	8.81	0.000**
Error	20	3.568	0.1784		
Total	24	9.8576			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 0.799

Cuadro 18. Análisis de varianza para el contenido de zinc del tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	567.04	141.76	24.87	0.000**
Error	20	114	5.7		
Total	24	681.04			

Comparación de medias método de tukey
Valor Tukey= 4.516

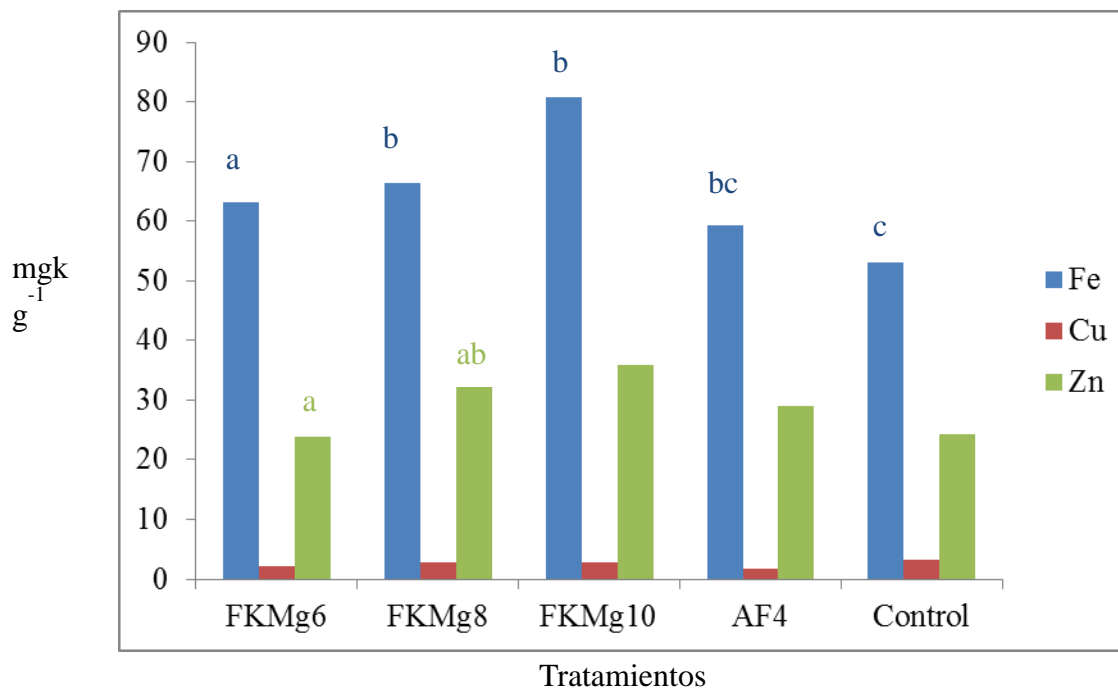


Figura 11. Contenido de hierro, cobre y zinc de tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de Fulvato de Potasio y Magnesio.

Análisis Nutricional

De forma general, en el Cuadro 18, se observa que con la adición de todos los tratamientos, excepto el Control, el nutrimento más deficiente fue el Cu. Aquí, con la aplicación de la dosis baja (FKMg6) de adición de Fulvato de potasio y magnesio, todos los nutrimentos medidos fueron deficientes, con excepción del Fe. Cuando se agregó la dosis media (FKMg8) de fúlvato de potasio y magnesio, la cantidad de P fue la óptima; pero, las cantidades de Cu, Mg y N fueron deficientes y el resto de los nutrimentos medidos se presentaron en cantidades excesivas. Con la agregación de la dosis alta de fulvato de potasio y magnesio (FKMg10), el Cu, el N y el Mg fueron deficientes y el resto de los tratamientos presentaron cantidades excesivas; mientras que, al aplicar el tratamiento de cuatro L⁻¹ de los ácidos fúlvicos, todos los nutrimentos fueron deficientes, excepto el Fe y en el Control, este micronutrimento y el N, fueron los elementos que se presentaron en cantidades adecuadas en el tejido vegetal del follaje.

Cuadro 19. Análisis nutricional, con el método de la Desviación Óptima Porcentual (DOP), de tejido vegetal de follaje de fresa, con la adición de fulvato de potasio y magnesio

Tratamientos								
MP6	Cu	Mg	P	K	Zn	Ca	N	Fe
	-56>	-33.5>	-30.7>	-27>	-20.7>	-9.3>	-8>	26.4
MP8	Cu	Mg	N	P	K	Ca	Fe	Zn
	-44>	-27.5>	-17>	0	41>	33.3>	32.8>	11.3
MP10	Cu	N	Mg	Fe	K	P	Ca	Zn
	-44>	-17>	-12>	61.6>	46>	29.3>	25.3>	19.3
AF4	Cu	Mg	P	Ca	K	Zn	N	Fe
	-64>	-47.5>	-43.3>	-24>	-12>	-3.3>	-2>	18.8
Control	K	Mg	Cu	P	Zn	Ca	Fe	N
	-43>	-40.5>	-36>	-34.7>	-18.7>	-15.3>	6>	4

DISCUSIÓN

Gran cantidad de investigaciones han sido consagradas a determinar el papel de las sustancias húmicas (SH), en el crecimiento vegetal de cultivos alimenticios; estos compuestos orgánicos, tienen efectos directos e indirectos sobre las plantas: los directos son sobre el suelo al estabilizar la estructura, aumentar la permeabilidad y los contenidos de materia orgánica (MO), entre otros (Ramos, 2000). Los indirectos son: aporte y transportadores de nutrimentos, aumento de la capacidad de intercambio catiónico y tal vez, efecto hormonal, porque juegan un papel fundamental en la formación de raíz, al aumentar la cantidad de pelos radicales (Barón *et al.* 1995) y formación de complejos estables, con cationes mono y polivalentes para aumentar su disponibilidad (Albuzio *et al.* 1994).

En el presente trabajo, al realizar el análisis nutrimental del tejido vegetal de follaje (Método DOP), se tiene que con la adición de la dosis baja del fulvato de potasio y magnesio, todos los nutrimentos medidos fueron deficientes con excepción del Fe; al aplicar la cantidad media del fulvato, solo el Cu, Mg y Zn fueron deficientes y el resto se presentó en cantidades óptimas y en exceso. Con la agregación de la dosis alta del fulvato, el resultado fue similar y al adicionar los ácidos fúlvicos solos, solamente el Fe se presentó en cantidad suficiente.

Con relación a lo anterior, Ramos (2000), comenta que las SH, dentro de sus características, poseen una gran cantidad de grupos funcionales oxigenados, principalmente grupos carboxilos ($-\text{COOH}^-$), carbonilos ($-\text{COO}^-$) y oxhidrilos ($-\text{OH}^-$), por lo que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar cationes y en la solución del suelo, llevarlos a la pared celular de la raíz; es decir, similar a agentes quelatantes y/o complejantes y de ahí, los nutrimentos ser transportados a través de los pelos radicales hasta el torrente xilemático del tallo hacia la hoja. También, Khaled y Hassan (2011) establecen que las SH quelatan nutrimentos para las plantas, como son el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), calcio (Ca) y magnesio (Mg), gracias a que estos compuestos poseen cargas eléctricas negativas; es decir, aniones y atrapan a los cationes (nutrimentos).

Sin embargo, en este trabajo, no sucedió prácticamente nada de lo comentado por los investigadores mencionados, ya que con todos los tratamientos, la gran mayoría de los nutrimentos medidos fueron deficientes en el tejido vegetal de follaje, con excepción del potasio (K), porque solo fue suficiente al adicionar las dosis media y alta del fulvato y para el Mg, este fue deficiente con la adición de todos los tratamientos.

En este trabajo, el fulvato de potasio y magnesio a las dosis baja y media, realizaron efecto positivo en los contenidos de clorofila, en el área foliar y en las variables de calidad medidas al fruto de fresa; aquí, se tiene que lo anterior concuerda con las investigaciones efectuadas por Zimmer (2004) y Ameri y Tehranifar (2010), al decir que la adición de compuestos húmicos líquidos, hacen más disponibles los nutrimentos esenciales e incrementan la resistencia de la planta a factores bióticos y abióticos y así, se puede mejorar la cantidad y la calidad de la producción. Además, para Chukov *et al.* (1996) y Akinremi *et al.* (2000), los efectos fisiológicos de las SH, dependen directamente de su concentración de radicales libres; así, en una investigación efectuada en semillas de lechuga, muestran que estos vegetales crecen simultáneamente a la concentración de radicales libres de los compuestos húmicos, hasta una “dosis óptima”; pero, hasta un cierto límite a partir del cual puede ser inhibitoria. También Csicsor *et al.* (1994), están de acuerdo con lo anterior, al decir que los ácidos húmicos mezclados con nutrimentos, tienen superior efecto que la mezcla de ácidos fúlvicos con elementos químicos, por el hecho de que los primeros poseen mayor cantidad de radicales libres, lo que provoca superior efecto en la cadena respiratoria de los vegetales.

CONCLUSIÓN

Las dosis media y alta, realizaron efecto positivo en las variables medidas a la planta y al fruto; pero no, en la longitud del fruto y los sólidos solubles totales y la dosis alta, lo efectuó en todos los nutrimentos medidos al tejido vegetal de follaje.

LITERATURA CITADA

- Ameri, A., & Tehranifar, A. (2012). Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv. Camarosa. *Journal of Biological and Environmental Science* 6, 16, 77-79.
- Castellanos J.Z., J. X.Uvalle-Bueno., A. Aguilar-Satelices. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda Edición. INTAGRI. Celaya, Guanajuato.
- Cacco G and Dell'Agnola G. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complex. *Can J Soil Sci* 64, 225-228.
- Cacco G., & Dell Agnolla, G.(1984). Plant growth regulator activity of soluble humic substances. *Canadian Journal of Soil Science*, 64, 25-28.
- Conafre A.C, 2007. Sistema Producto Fresa: Plan Rector Comité Nacional de Sistema Producción Fresa, Zamora Michoacán, México, disponible en; www.Conafresa.com/plan_rector.pdf.
- Eshghi y Garazhian 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. 14-20
- Khaled, H., & Hassan, A.F. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6 (1), 21-29
- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2000. Principios de la nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición, 1987. Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692p.
- Marschner, H.1986. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London. 889p.

- Mengel, K y E. A. Kirkby. 2000. PRINCIPIOS DE NUTRICION VEGETAL. International Potash Institute Basel, Switzerland.
- Mendelez, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y en la material orgánica del suelo. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Navarro B., S; Navarro G., G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 487.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A.(2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Rodríguez, J. 1990. La Fertilización De Los Cultivos: Un Método Racional. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Pp. 406
- Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS). 2013. “Producto de Alface Cultivado en Solucao Nutritiva Completa com Adicto a Substancias Húmicas Extraídas de Sete Carvoes Minerales”. Universidad Federal de Santa María. Programa de Posgraduacao en Agronomía. Santa Maria, Brasil. pp. 343-345
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J Wiley and Sons, New York, NY 443 p.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D.L. Sparks (Ed). Advances in agronomy, Academic Press. 98: 3-58. Ontario, Canada.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- Sánchez-Andreu, J., Jordá, J. y Juárez, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae*. 357, 303-313.
- SIAP. Sistema de Información agroalimentaria y pesquera. Consultado el 2 de agosto de 2010. <http://www.siap.gob.mx/>.

INCA Rural, 2005. Plan Rector Nacional Fresa: Sistema Producto Fresa, SAGARPA
MEXICO D.F, disponibilidad
www.amsda.com.mx/PRNacioneles/Nacionales/PRNfresa22.pdf.