

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Comportamiento de un Fulvato de Micronutrientes y otro de Potasio y Magnesio en la
Calidad de la Fresa Variedad “San Andreas”

TESIS

Por:

JOSÉ EDUARDO MARTÍNEZ REYES

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila junio de 2017

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Comportamiento de un Fulvato de Micronutrientos y Otro de Potasio y Magnesio en la
Calidad de la Fresa Variedad "San Andreas"

Por:

JOSÉ EDUARDO MARTÍNEZ REYES

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. Robén López Cervantes

Asesor principal


Dr. José Antonio González Fuentes

Coasesor


Dr. Edmundo Peña Cervantes

Coasesor


MC. Fidel Maximiano Peña Ramos

Suplente.


Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la división de ingeniería
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Saltillo, Coahuila

junio de 2017



Coordinación de
Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres, a la Sra. Griselda Reyes Jiménez y el Sr. José Federico Martínez García por su apoyo, cariño y comprensión que me han brindado a lo largo de toda mi vida y han sido mi fortaleza para llegar a este objetivo.

A MI ALMA TERRA MATER, universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por brindarme los conocimientos para forjarme como profesionalista, a través del Departamento de Ciencias del Suelo.

Agradezco a mis asesores de tesis.

Dr. Rubén López Cervantes, Dr. Edmundo Peña Cervantes, Dr. José Antonio González fuentes y al Mc. Fidel Maximiano Peña Ramos, por su valioso tiempo y disposición que me brindaron en la revisión de este trabajo, especialmente al Dr. Rubén López Cervantes por brindarme su confianza, sus atenciones, por su valioso tiempo, y sobre todo por la “amistad” que me brindo. Gracias por todo.

A los profesores de los diferentes departamentos, en los cuales curse materias por su ardua labor de forjar profesionales en pro del agro mexicano, transfiriendo sus conocimientos a cada uno de ellos a través de varias generaciones, en especial a los profesores del Departamento de Ciencias del suelo por todo su tiempo y apoyo brindado durante mi formación profesional “Muchas gracias”

DEDICATORIA

Con mucho amor dedicatoria a mis padres.

La Sra. Griselda Reyes Jiménez y el Sr. José Federico Martínez García

Porque sin su apoyo, cariño y comprensión a lo largo de toda mi vida he logrado este objetivo, a mi madre por ser un pilar inquebrantable al educarnos a mí y a mi hermana menor, a mi padre por siempre estar pendiente de nosotros aun en la distancia que nos separa, por todo lo que me han brindado, siempre les estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos

Claudia, Javier, Gabriel. *Por su cariño y comprensión a lo largo de mi vida. Javier y Gabriel aun por los problemas que hemos tenido, siempre han tenido tiempo cuando los necesito. Claudia siempre me apoyas en todo y aun siendo la pequeña me llama la atención cuando lo requiere.*

*A mi novia **Elisa Areli Campos Chávez.** Por el apoyo, comprensión y amor que me ha brindado en el tiempo que hemos estado juntos.*

*A mi abuela **Sra. Petra Jiménez Salazar (+)**, donde quiera que te encuentres siempre te estaré agradecido por que fuiste como una madre más, para mí y mis hermanos.*

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVO.....	4
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Generalidades de la Fresa	5
Las Sustancias Húmicas (SH)	6
Cuadro 1. Propiedades de las sustancias húmicas.....	7
Importancia de las Sustancias Húmicas	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Localización del Área Experimental	9
Metodología	9
RESULTADOS	11
Peso Fresco del Fruto (PFF).....	11
Longitud del Fruto (LF)	12
Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)	13
Firmeza del Fruto (FF)	14
Sólidos solubles Totales - °Brix (SST).....	15
Acidez Total del Fruto (ATF)	16
Vitamina C (VC)	17
Numero de Frutos (NF)	18
Firmeza del Fruto 15 Días Después de la Cosecha (FF15).....	19
Solidos solubles Totales 15 Días Después de la Cosecha (SST15).....	20
DISCUSIÓN.....	21
LITERATURA CITADA.....	22

Índice de figuras

Figura 1. Peso de fruto fresco de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.	11
Figura 2. Longitud del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio	12
Figura 3. Diámetro ecuatorial del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.....	13
Figura 4. Firmeza del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.	14
Figura 5. Sólidos solubles totales del fruto de fresa, con la aplicación un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.....	15
Figura 6. Acidez total del fruto de fresa, con la adición de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.	16
Figura 7. Contenido de vitamina C en el fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.....	17
Figura 8. Número de frutos por planta de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.....	18
Figura 9. Firmeza del fruto de fresa después de 15 días de cosecha, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.....	19
Figura 10. Sólidos solubles totales del fruto de fresa después de 15 días de cosecha, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.	20

Índice de cuadros

Cuadro 1. Propiedades de las sustancias húmicas.	7
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, variedad “San Andreas”..	10

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de un fulvato de micronutrientes y otro de potasio y magnesio, en la calidad de la fresa variedad “San Andreas”, se trasplantaron plántula en macetas de plástico, que contenían un sustrato de la mezcla de “peatmoss” con “perlita” (relación 1:1 v/v) y se les adicionaron 6, 8 y 10 ml.L⁻¹ de agua de dos fulvatos: uno de micronutrientes (FM) y otro de potasio y magnesio (FKMg). Una solución nutritiva fue empleada como testigo (SN). Las variables medidas al fruto: peso fresco (PF), longitud (LF), diámetro ecuatorial (DE), firmeza a cosecha (FI), sólidos solubles totales a cosecha (SST-°Brix), acidez titulable (AT), contenido de vitamina C (VC), número de frutos por planta (NF), firmeza del fruto después de 15 días de cosecha (FI15) y sólidos solubles totales a 15 días después de cosecha (SST15). Se encontró que con la adición del FM con 8 ml.L⁻¹, se superó en 215 y 250 % a la SN en PF y NF, respectivamente y con el mismo compuesto, solo que a la dosis de 10 ml.L⁻¹, se aventajó en 37, 25 y 943 % al testigo en los SST, los SST15 y la VC. Con 6 ml.L⁻¹ del FKMg, se adelantó en 40% a la SN y con 8 ml.L⁻¹ del mismo compuesto en 9, 104, 900 y 31 %, respectivamente en LF, DE, AT y FI15. Se concluye que, el fulvato de potasio y magnesio, realizó efecto positivo en la longitud, diámetro ecuatorial y en la firmeza del fruto al momento de la cosecha y después de quince días; mientras que el fulvato de micronutrientes, en la acidez, grados Brix al momento de la cosecha y después de quince días de la colecta, en la producción y el contenido de vitamina C.

Palabras clave: *Substancias húmicas; Fragaria x ananassa*

INTRODUCCIÓN

México es el segundo productor de fresa (*Fragaria ananassaDuch.*) en el mundo, después de Estados Unidos, al concentrar el ocho por ciento del volumen. Este cultivo genera en el país el uno punto uno por ciento del valor producido por el sector agrícola, cerca de \$ 4, 200,000.00; además, es un importante producto de exportación y se estima que a lo largo de la cadena agroalimentaria, la fresa genera 15,000 empleos directos y 4,500 indirectos. (Financiera Rural, 2015).

En el país, la región de Zamora, Michoacán, ocupa el primer lugar en producción; sin embargo, esta se basa en importar cultivares extranjeros, provenientes principalmente de la Universidad de California, Estados Unidos de Norte América (UC-EUA) y las variedades que más se cultivan son “Festival”, con el 32 por ciento de la superficie total, “Camino Real” con el 28 por ciento y “Aromas” con el 20 por ciento y en la zona Norte-centro del Estado, las variedades dominantes son “Camino Real”, “Camarosa” y “Festival” que cubren el 97 por ciento de la superficie total, de esta área (Sánchez, 2008).

Con el uso de variedades mejoradas y técnicas avanzadas de producción, se produce fruta de alta calidad continuamente durante seis o siete meses al año, o más. La selección del sitio de producción, de variedades y el cuidadoso empleo de técnicas de producción, son esenciales para lograr el máximo rendimiento y alta calidad con este cultivo (Larson, 2000); pero, la calidad es muy variable dependiendo del manejo que se le asigne durante y después del cultivo, ya que el fruto es muy susceptible al ataque de microorganismos y al daño físico.

El daño físico, se debe principalmente a que la persona empacadora presiona la fruto y sobre todo, a que como el fruto debe ser alto en azucares, esto provoca baja firmeza. Como regla general, cuando un fruto contiene cantidades considerables de carbohidratos, la formación de etileno es rápida lo que madura al fruto y esto trae como consecuencia disminución en la firmeza (Barceló, 2005) y por consecuencia se acorta la vida de anaquel. Investigadores especialistas en frutillas, han consagrado gran cantidad de dinero y esfuerzo en contrarrestar esta situación a través de manejo de la fisiología del vegetal; es decir, aumentar y/o que las cantidades de carbohidratos permanezcan y aumentar la firmeza del fruto; pero, no se ha logrado.

Es conocido que con el uso de fertilizantes químicos, se nutre adecuadamente a los cultivos y se conserva la cantidad y la calidad; sin embargo, estos compuestos son costosos y si no se hace una adición adecuada en cuanto a la cantidad, se pueden salinizar los suelos, por lo que en México, con el auge de la agricultura orgánica y la sostenible y/o sustentable, el uso de productos orgánicos ha tomado gran importancia como lo es el uso de sustancias húmicas (SH), las que al mezclarlas con los fertilizantes químicos, se ha demostrado que aumentan la cantidad y calidad de los frutos.

Las SH se clasifican como los ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), los que poseen como característica fundamental grupos funcionales oxigenados ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{COO}^-$) y nitrogenados (NH , NH_2); de los dos tipos de grupos funcionales, los primeros forman más del 80 por ciento de la molécula de las sustancias orgánicas mencionadas., que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar a los nutrimentos (cationes) y la mezcla de estos compuestos con los nutrimentos, se denominan humatos, para el caso de los AH y fulvatos, para los AF, del elemento nutrimental adicionado. En el caso del presente trabajo, al unirse los AF al potasio (K) y al magnesio (Mg), son fulvatos de K y Mg; y al unirse con micronutrimentos se le denomina fulvato de micronutrimentos.

OBJETIVO

Determinar el comportamiento de un fulvato de micronutrientes y otro de potasio y magnesio en la calidad de la fresa variedad "San Andreas", y establecer la dosis óptima de al menos uno de ellos, que aumente la calidad de la fresa.

HIPÓTESIS

Al menos un fulvato y una dosis, tienen efecto positivo, al aumentar la calidad de la fresa, variedad "San Andreas".

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de la Fresa

La fresa tiene una gran cantidad de especies; antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria Viesca* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero con excelente calidad sensorial. Con el descubrimiento de América, se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño una en Chile, *Fragaria chiloensis* y otra en Estados Unidos de Norteamérica, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño se les llamó fresones, las cuales fueron llevadas a Europa e hibridizadas. Actualmente estas fresas grandes dominan el mercado y son productos de una serie de cruces (Juscafresca e Ibar, 1987). Las especies americanas como *Fragaria chiloensis*, Duch. ($2n=56$) y *Fragaria virginiana*, Duch ($2n= 56$), han dado origen por cruzamientos a cultivares de fresa de frutos grandes que se conocen como *Fragaria x ananassa*Duch. (Maroto, 1986).

Algunas de las variedades de fresa más utilizadas en México son: “Festival”, actualmente es líder en producción en Guanajuato, Michoacán y Estado de México; “Sweet Charlie”, variedad de fruta grande utilizada en Guanajuato; “Camino Real”, “Albión” y “Camarosa”, son las que ocupan el primero, segundo y tercer lugar más empleadas de las variedades generadas por la Universidad de California en Davis y “Aromas”, que es una variedad precoz muy usada, pero su aceptación está en descenso. La variedad “San Andreas”, es de reciente introducción a México, presenta excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades, mantiene un buen tamaño de fruto, hasta el final del ciclo de producción y muy buena producción. Esta variedad es de día neutro moderado y el fruto es excepcional en apariencia (Universidad de California en Davis. 2009).

Los principales aspectos considerados para determinar la calidad de la fresa, son la apariencia, firmeza, sabor (Kader, 1991), grado de madurez, brillo y ausencia de daños en los frutos (Mitcham, 1996). La fresa está entre los cultivos con mayor cantidad de vitamina C y otros antioxidantes para la dieta humana (Boyer y Rui, 2004). La vida de post-cosecha de la fresa, es muy corta y son muy susceptibles al ataque por microorganismos y al daño físico durante su manejo, almacenamiento y comercialización (Sistrunk y Morris, 1985). La firmeza de la fruta, en general, disminuye a medida que las frutas se hacen más maduras. Para garantizar el suministro de fruta de alta calidad, es importante seleccionar la

fruta con un grado adecuado de maduración como la apariencia física, el sabor y tiempo de conservación post-cosecha depende de nivel de madurez en la cosecha. (Schmilovitch *et al.* 2000).

Las Sustancias Húmicas (SH)

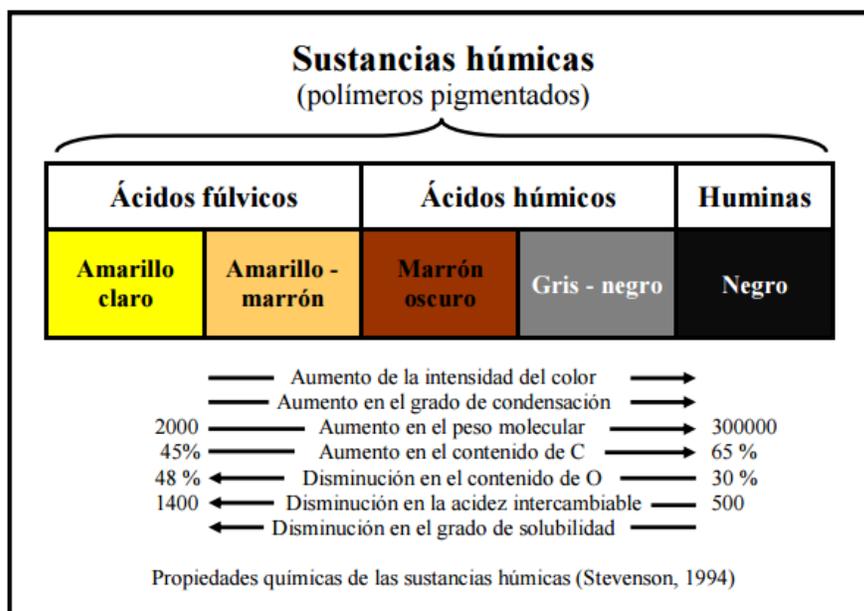
Se sabe que la composición química de la materia orgánica, incluye a muchos anillos aromáticos que interactúan entre sí y con cadenas alifáticas, dando lugar a macromoléculas con diferente masa. La génesis de las SH, implica una combinación de varios caminos de reacción y una gran variedad de sistemas químicos vinculantes, es muy difícil definir un concepto claro de su composición. Los residuos orgánicos, vegetales y animales, manejados o depositados en diferentes ambientes, tales como suelo, compostas, biodigestores, turbas, pantanos, carbones, se ven sometidos a un proceso de transformación esencialmente microbiana (Hayes, 1997). Este proceso consta fundamentalmente de dos vías: la mineralización y la humificación.

La mineralización consiste en el paso de los nutrimentos de sus formas orgánicas a formas inorgánicas aprovechables por los cultivos. En el proceso de humificación, la explicación más aceptada se maneja en la denominada TEORIA DEL POLIFENOL (Rodríguez, 1991). Esta teoría incluye dos mecanismos cuya diferencia es el origen de los polifenoles. En uno de los mecanismos, los aldehídos y ácidos fenólicos, que se generan durante la degradación de ligninas por los microorganismos del suelo, producen quinonas por reacciones enzimáticas, las que se polimerizan para formar macromoléculas del tipo de las SH. El otro mecanismo es similar, excepto que los compuestos polifenólicos son sintetizados por microorganismos a partir de sustratos distintos de la lignina (por ejemplo, celulosa). Los polifenoles son luego oxidados enzimáticamente a quinonas y posteriormente convertidas en SH. De acuerdo a estos conceptos, las quinonas provenientes de la lignina, son sintetizadas por los microorganismos, son los bloques principales a partir de los cuales se forman las SH. La formación de compuestos de color oscuro a partir de reacciones en las que participan quinonas ya fue observado en la formación de melanina (Stevenson, 1994). El término SH, suele utilizarse como nombre genérico para describir al material coloreado del suelo o a las fracciones que se obtienen en base a sus características de solubilidad. 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. De forma

general, están compuestas por aproximadamente 50 por ciento de carbono, entre 35-45 por ciento de oxígeno, cinco por ciento de hidrogeno, tres por ciento de nitrógeno y azufre (MacCarthy 2001) y La Sociedad Internacional de Sustancias 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).

Coyne (2000), clasifica las SH de la siguiente manera: ácidos húmicos, son la fracción de las SH que no es soluble en soluciones acuosas ácidas ($\text{pH} < 2$), pero sí es soluble a valores mayores de pH ; puede extraérselas del suelo con reactivos alcalinos, son la mayor fracción extraíble de las SH del suelo y presentan una coloración entre marrón oscuro y negro. Los ácidos fúlvicos, son la fracción soluble en soluciones acuosas a cualquier valor de pH , se las separa de los AH por acidificación, permanecen en solución y son de color amarillo-amarronado. Las huminas, son la fracción insoluble en agua a cualquier valor de pH y son de color negro. (Karanfil.,Col., 1996) (Figura 1).

Cuadro 1. Propiedades de las sustancias húmicas.



Importancia de las Sustancias Húmicas

La complejación y/o quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelatan los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta; además, previene su precipitación. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que se compleja hierro y zinc más rápido que el sodio (Stevenson, 1994). Las SH estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm. (Zachariakis *et al.* 2001). Durson (2007), afirma que las SH tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente el transporte y disponibilidad de microelementos; cuando se aplican en soluciones minerales ayudan al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que dichas sustancias actúan como hormonas de crecimiento vegetal (Chenet *et al.* 1990). Aplicaciones prolongadas de manera foliar de AH, estimulan mayor eficiencia fotosintética a partir de la quinta aplicación al principio de la cosecha de fruta en la planta de fresa (Neri *et al.* 2002).

Los efectos Bioestimulantes de las SH, es que se caracterizan tanto por los cambios estructurales y fisiológicos en las raíces y brotes relacionados con la absorción de nutrientes, la asimilación y distribución (rasgos de la eficiencia del uso de nutrientes). También, pueden inducir cambios en el metabolismo vegetal y los relacionados con la tolerancia al estrés abiótico que modula colectivamente crecimiento de las plantas, así como la promoción de la aptitud. En conclusión, la aplicación exógena de SH dentro de los sistemas agronómicos, se puede utilizar para ayudar al desarrollo de la intensificación sostenible. Como la mayoría de las SH utilizadas en la agricultura, actualmente se derivan a partir de recursos no renovables como el carbón y la turba, la promoción de esta tecnología también requiere el desarrollo de nuevas fuentes sostenibles de productos húmicos (Canellas *et al.* 2015). La aplicación de SH se observa un aumento en la nutrición mineral, es decir, en general aumenta la absorción de macro y micro elementos que podrían estar relacionados con la estimulación del crecimiento de plantas. La aplicación de extractos húmicos mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro; además, se ha observado mayor concentración de nutrientes en los tejidos radicales. En condiciones hidropónicas, se ha observado que inducen a una precocidad en la floración y modifican el desarrollo de la raíz, es decir, hay mayor cantidad de raíces. (Eyheraguibe *et al.* 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área Experimental

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

Metodología

Plántulas de fresa de la variedad “San Andreas”, adquiridas en la Universidad de California USA, se trasplantaron en contenedores de plástico, que contenían un sustrato de la mezcla de “peatmoss” con “perlita” (relación 1:1 v/v); tres semanas después del trasplante, se fertilizó con una solución nutritiva completa, realizada con base en los índices de Steiner, con una conductividad eléctrica de uno punto uno ds.m^{-1} .

La preparación de los tratamientos fue de la siguiente forma: Leonardita fue molida en un mortero y tamizada a una malla de dos milímetros; a este mineral fósil, le fue adicionado hidróxido de potasio, 0.2N (KOH, 0.2N) y puesto en “Baño María” durante dos horas a 60°C, para de esta forma extraer los AH y los AF. Con ácido acético al 98 por ciento, se llevó el pH a cuatro de la solución y fueron separados ambos compuestos orgánicos; los AH fueron desechados y solo se emplearon los AF para formar los fulvatos. La elaboración del fulvato de micronutrientes (FM), fue de la siguiente manera: a los AF se les agregó sulfato ferroso, de zinc, de cobre y ácido bórico; el Fe, Zn y Cu al dos por ciento y el B al 0.2 por ciento. Para el segundo fulvato, a los AF se les agregaron sulfato de potasio y magnesio; el K y el Mg fueron al dos por ciento y el compuesto denominado fulvato de potasio y magnesio (FKMg). El resultado fue de dos fulvatos, los cuales se adicionaron de manera foliar las dosis de: seis, ocho y 10 ml L^{-1} de agua y como control se aplicó una solución nutritiva completa (Cuadro 1).

Las variables medidas al fruto fueron: peso total de los frutos frescos (PFF), longitud (LF), diámetro ecuatorial (DEF) (vernier Stainless-Steel, marca Truper) como lo indica la norma NMX-FF-9-1982, firmeza (FF) (penetrometro, FruitHardnessTester, Modelo FHT 200. EXTECH, instruments), sólidos solubles totales (SST) (°Brix – Refractómetro, Master

Refractometer, Marca ATAGO) como indica la norma NMX-F-103-1982, acidez titulable (ATF) (titulación con NaOH 0.1N), contenido de vitamina C (VCF) mediante la titulación con 2,6 diclorofenolindofenol 0.001N, número de frutos por planta (NFP), firmeza del fruto después de 15 días de refrigeración (FF15) y sólidos solubles totales a 15 días después de refrigeración (SST15) para observar la vida de anaquel del fruto.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, variedad “San Andreas”.

Tratamientos	Dosis (ml.L ⁻¹ de agua)
FM6	6
FM8	8
FM10	10
FKMg6	6
FKMg8	8
FKMg10	10
SN	100%

FM: fulvato de micronutrientes; FKMg: fulvato de potasio y magnesio; SN: testigo.

El trabajo se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar, arrojó siete tratamientos, con cuatro repeticiones. Se efectuó un análisis estadístico a los datos generados el cual consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método de DMS ($p \leq 0.05$); para esto se empleó el paquete estadístico StatisticalAnalysisSystem, versión XX (SAS).

RESULTADOS

Peso Fresco del Fruto (PFF)

En esta variable, hay efecto significativo de los tratamientos. De manera general, se aprecia que con la dosis inferior y la dosis media del fulvato de micronutrientes, se aventajo al valor presentado con la adición de la dosis superior y los valores presentes con la aplicación de las dosis inferior y superior del fulvato de potasio y magnesio, fueron inferiores a la cantidad media. De forma particular, se establece que con las dosis baja y media del fulvato de micronutrientes y la media del fulvato de potasio y magnesio, el valor supero en 200 por ciento al valor del testigo (Figura 1).

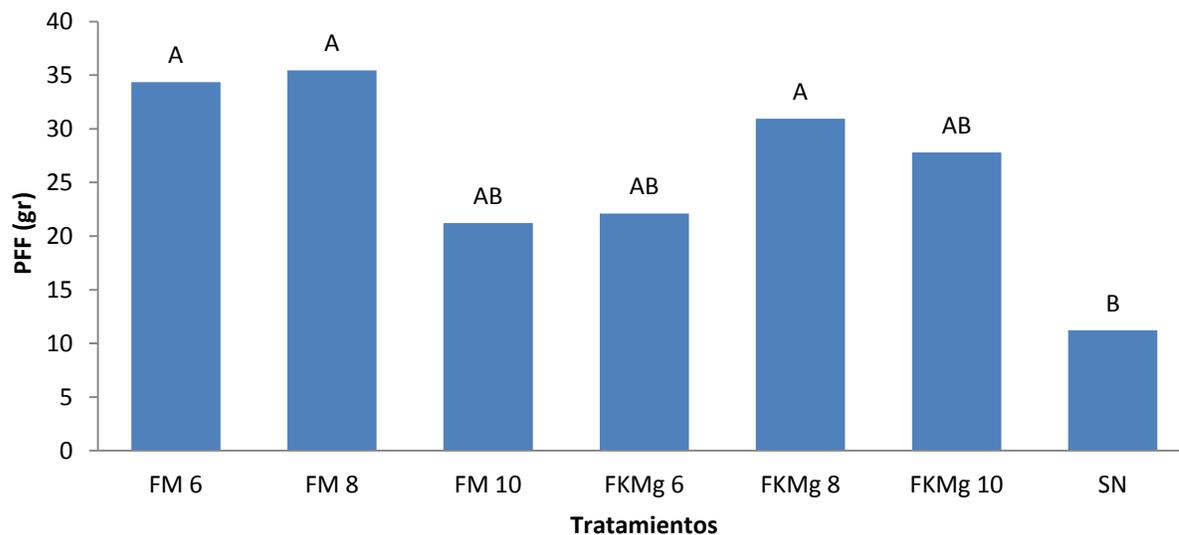


Figura 1. Peso de fruto fresco de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Longitud del Fruto (LF)

En esta variable, se observó un efecto significativo de los tratamientos. En general, se aprecia que los valores con la aplicación de las dosis media y superior de fulvato de micronutrientes fueron inferiores al valor de la dosis inferior y los valores presentes al adicionar la dosis mínima y la dosis superior de fulvato de potasio y magnesio fueron superados con la adición de la dosis media. De forma particular, se establece que con la dosis media de fulvato de potasio y magnesio se superó el valor del testigo en nueve por ciento (Figura 2).

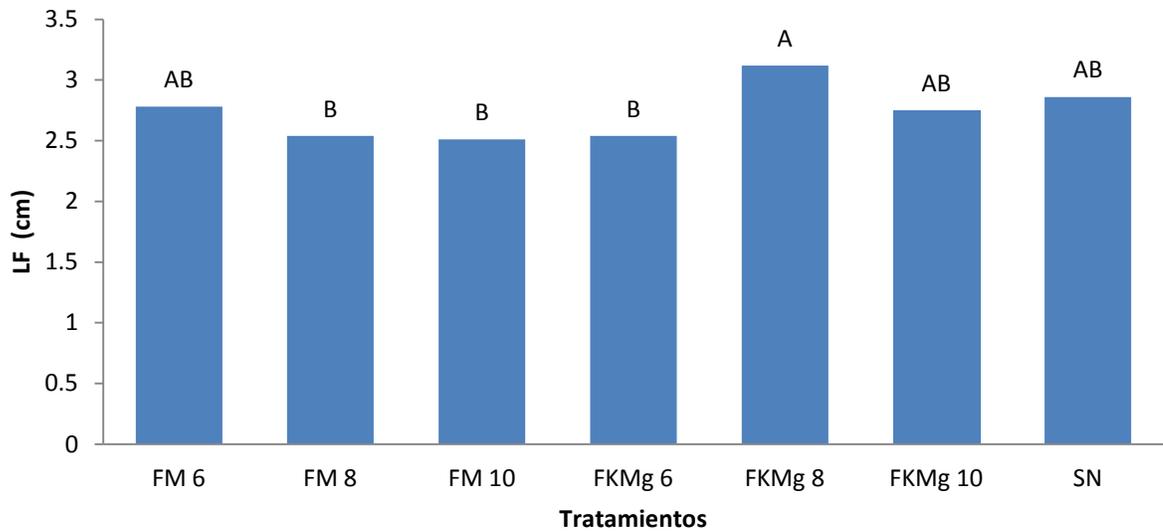


Figura 2. Longitud del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio

Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)

Para esta variable se observa que los tratamientos tuvieron efecto significativo. Se aprecia que el valor al aplicar la dosis media de fulvato de micronutrientes supero a los valores de las dosis mínima y superior, igualmente sucedió con el valor cuando fue aplicada la dosis media del fulvato de potasio y magnesio. Particularmente el valor cuando fue aplicada la dosis media del fulvato de potasio y magnesio supero al valor obtenido por el testigo en 140 por ciento(Figura 3).

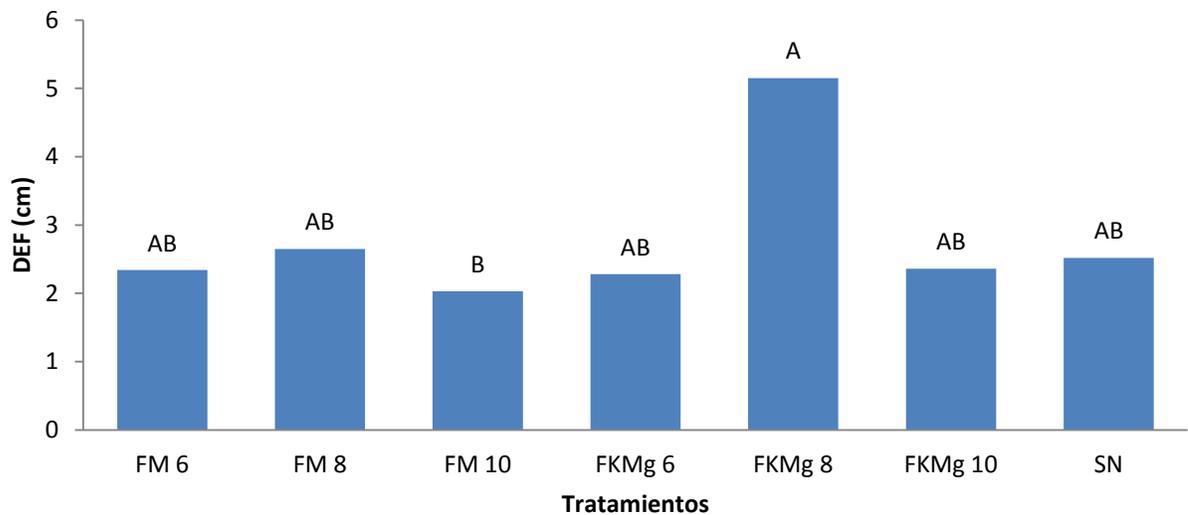


Figura 3. Diámetro ecuatorial del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Firmeza del Fruto (FF)

En la variable se puede observar que los tratamientos tuvieron efecto significativo. se puede observar de manera general que los valores al aplicar el fulvato de micronutrientes en las dosis media y superior fueron inferiores al valor de la dosis mínima, y en cuanto al fulvato de potasio y magnesio el valor cuando se aplicó la dosis mínima esta superó a los valores al aplicar las dosis media y superior. En particular al aplicar la dosis mínima tanto de fulvato de micronutrientes y el fulvato de potasio y magnesio se superó al valor del testigo en 40 por ciento (Figura 4).

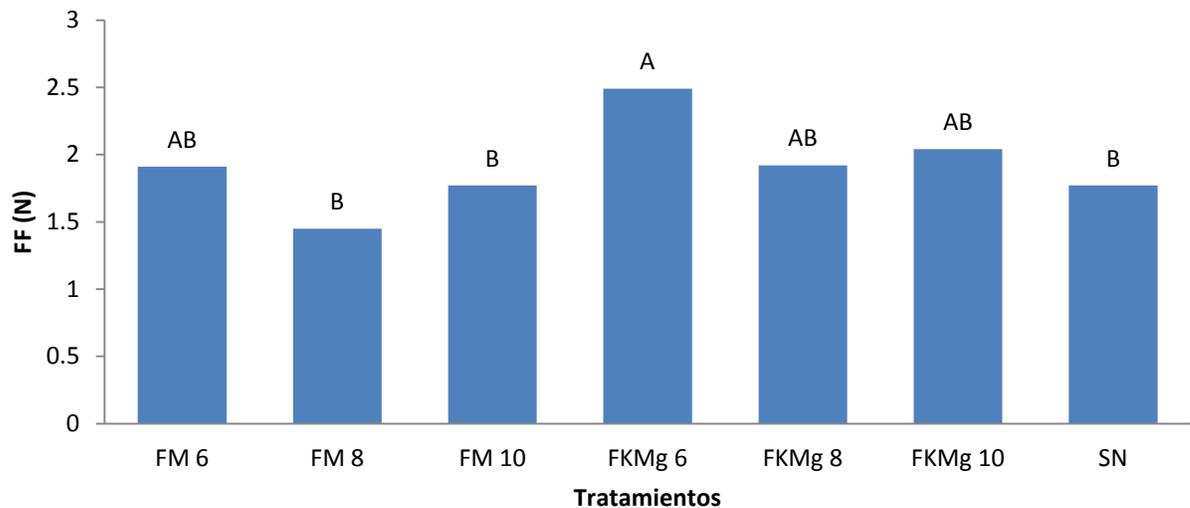


Figura 4. Firmeza del fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Sólidos solubles Totales - °Brix (SST)

En esta variable se observa que los tratamientos obtuvieron efecto significativo. De manera general, se aprecia que el valor al aplicar las dosis mínima y media del fulvato de micronutrientes fueron superados por el valor de la dosis superior, en cuanto a la aplicación del fulvato de potasio y magnesio los valores obtenidos en la aplicación de las dosis media y superior fueron rebasados por al aplicar la dosis superior, De manera particular se establece que el valor al aplicar la dosis superior de fulvato de micronutrientes supera al valor del testigo en 37 por ciento (Figura 5).

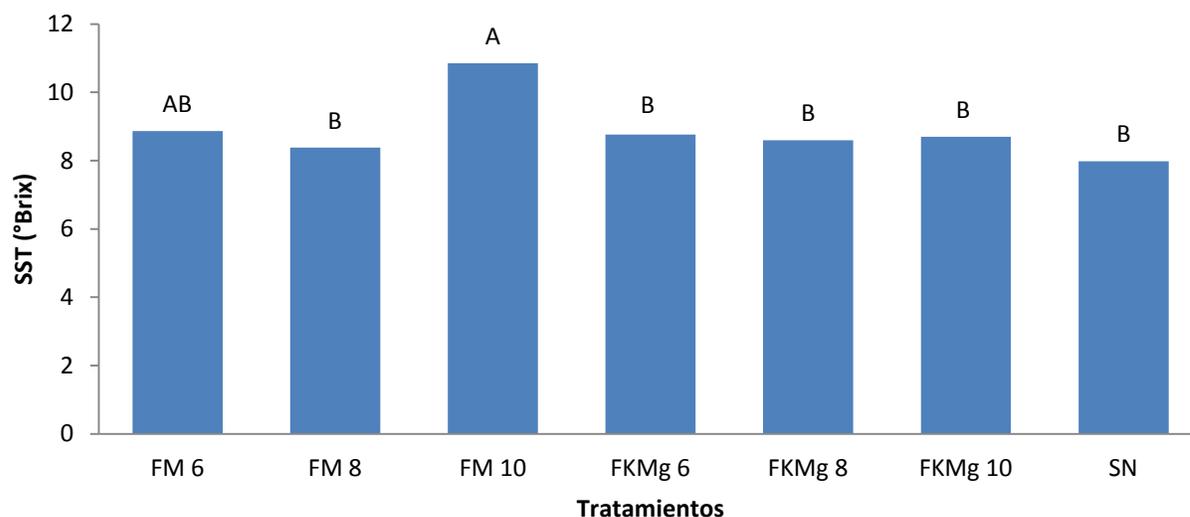


Figura 5. Sólidos solubles totales del fruto de fresa, con la aplicación un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Acidez Total del Fruto (ATF)

Para esta variable se observa que los tratamientos obtuvieron un efecto significativo. En general, podemos apreciar que los valores obtenidos por la aplicación de fulvato de micronutrientes en las dosis, media y superior fueron inferiores al valor de la dosis mínima. Y cuando se aplicó el fulvato de potasio y magnesio los valores de las dosis, media y mínima fueron inferiores al valor cuando se aplicó la dosis media, En particular se observa que el valor obtenido con la dosis mínima del fulvato de micronutrientes supero al valor del testigo en 900 por ciento. (Figura 6)

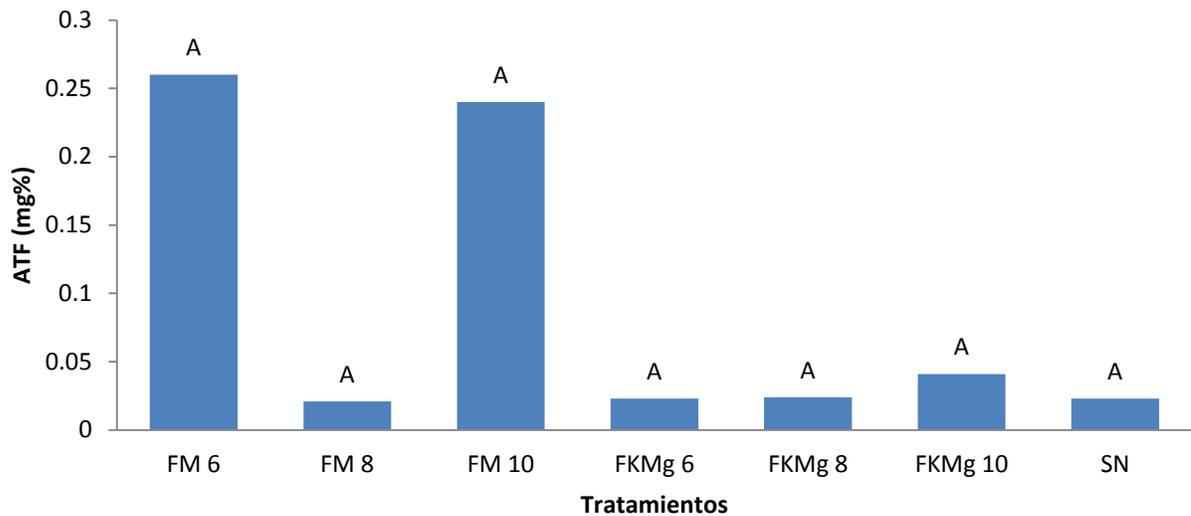


Figura 6. Acidez total del fruto de fresa, con la adición de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Vitamina C (VC)

Para la variable se puede observar que los tratamientos obtuvieron efecto significativo. Generalmente se observa que los valores de las dosis de fulvato de micronutrientes mínima y media fueron inferiores al valor cuando se aplicó la dosis superior, mientras que el valor obtenido por las dosis, mínima y media del fulvato de potasio y magnesio fueron inferiores al valor de la dosis máxima. Particularmente se establece que el valor de la dosis superior del fulvato de micronutrientes supero al valor alcanzado por el testigo en 943 por ciento. (Figura 7).

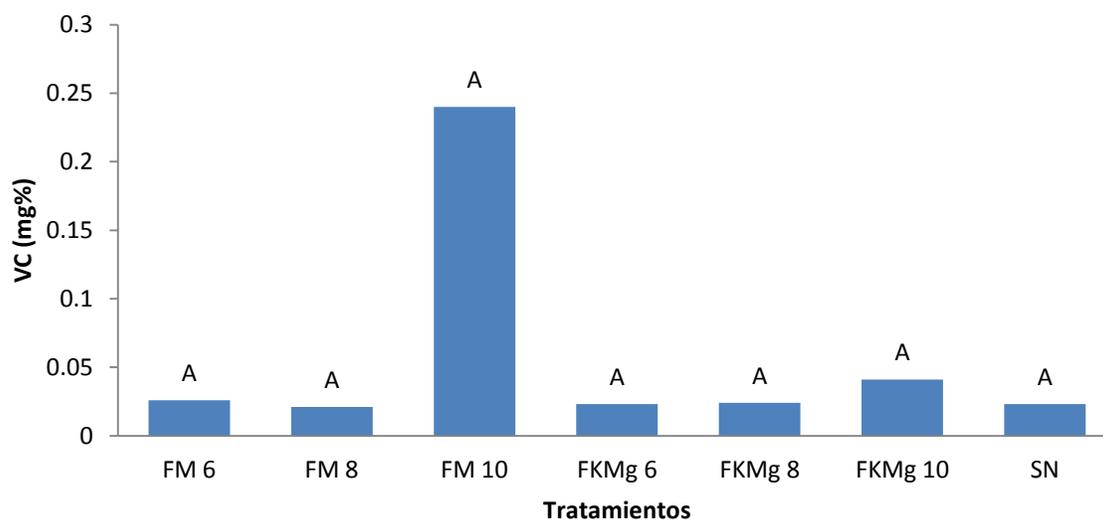


Figura 7. Contenido de vitamina C en el fruto de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Numero de Frutos (NF)

Para esta variable se aprecia que los tratamientos obtuvieron efecto significativo. De manera general se observa que los valores obtenidos con la aplicación de las dosis, mínima y superior del fulvato de micronutrientes fueron superados por el valor de la aplicación de la dosis media, mientras que, los valores de la aplicación de las dosis mínima y media de fulvato de potasio y magnesio fueron superados por el valor de la dosis superior. En particular, se establece que el valor obtenido por la dosis media del fulvato de micronutrientes supero al valor del testigo en 250 por ciento.

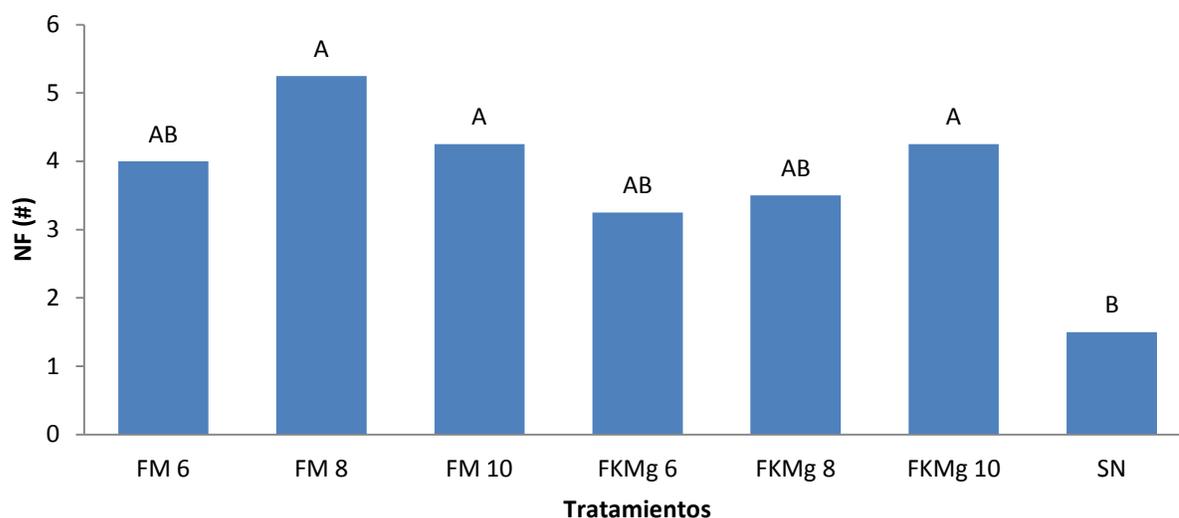


Figura 8. Numero de frutos por planta de fresa, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Firmeza del Fruto 15 Días Después de la Cosecha (FF15)

Se aprecia que con la aplicación de los tratamientos no se obtuvo efecto significativo para esta variable. De manera general, se observa que las cantidades de las dosis, mínima y media de fulvato de micronutrientes fueron inferiores al valor de la dosis superior, mientras que, los valores de las dosis mínima y superior de fulvato de potasio y magnesio fueron superadas por el valor de la dosis media. En particular, se establece que el valor obtenido por la dosis media de fulvato de potasio y magnesio supero en 31 por ciento al valor del testigo. (Figura 9).

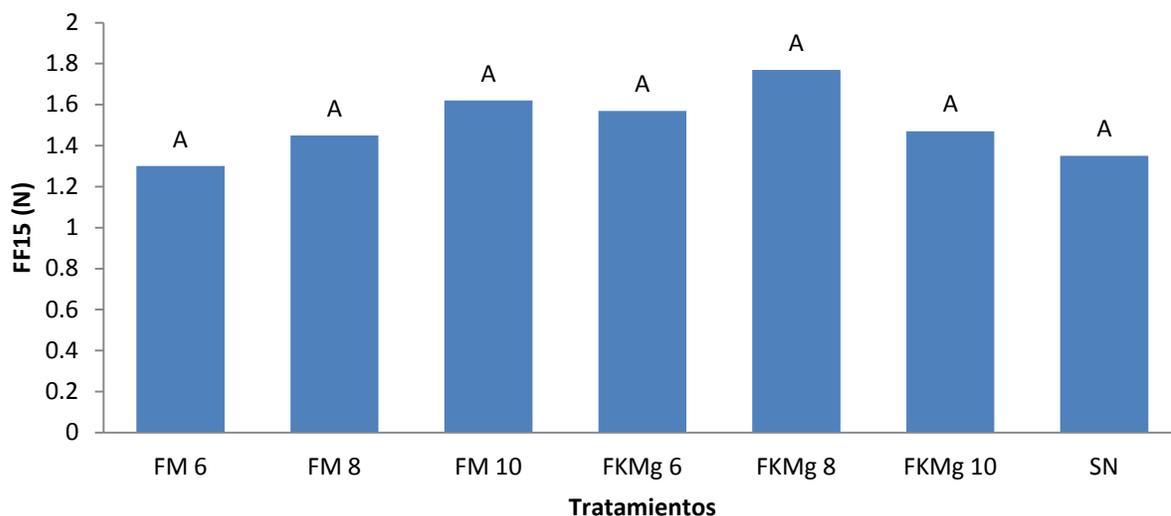


Figura 9. Firmeza del fruto de fresa después de 15 días de cosecha, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

Solidos solubles Totales 15 Días Después de la Cosecha (SST15)

En esta variable no se observa efecto significativo en los tratamientos, en general se observa que las dosis media y superior del fulvato de micronutrientes fueron superadas por el valor de la dosis mínima, mientras que, los valores de los dosis medias y superiores del fulvato de potasio y magnesio fueron superados por el valor de la dosis mínima. En particular se establece, que el valor alcanzado por la dosis mínima del fulvato de micronutrientes fue superior en 25 por ciento con respecto al valor del testigo (Figura 10)

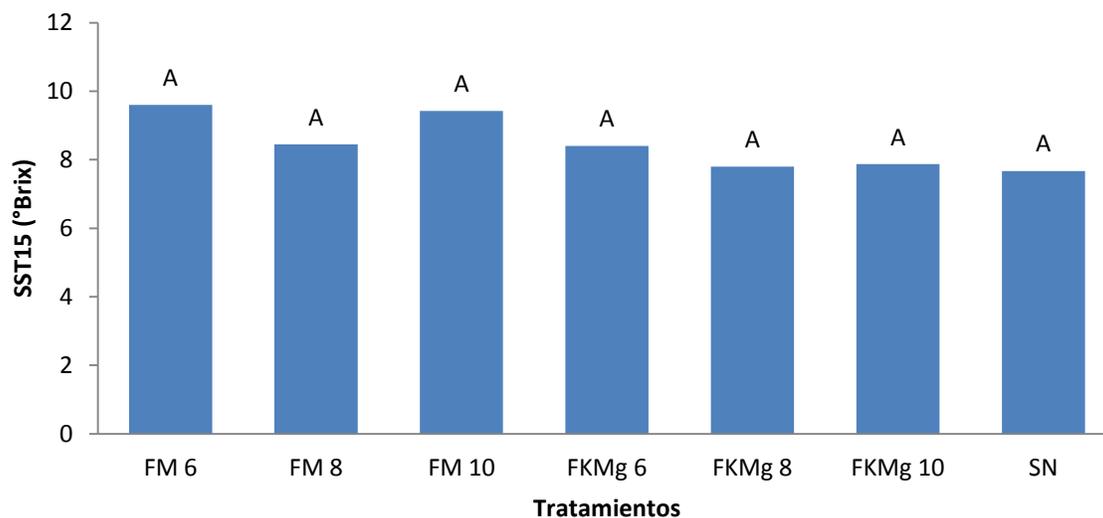


Figura 10. Solidos solubles totales del fruto de fresa después de 15 días de cosecha, con la aplicación de un fulvato de micronutrientes y un fulvato de potasio y magnesio.

DISCUSIÓN

Una alternativa para eficientar los nutrimentos a los cultivos consiste en la combinación con compuestos orgánicos, la aplicación de ácidos húmicos como una enmienda orgánica del suelo en combinación con otros materiales, resulta en un aumento significativo en el crecimiento de la planta y rendimiento de los cultivos, mediante la mejora de las propiedades hidrofísicas y disponibilidad de nutrimentos de los suelos. Los complejos orgánico-minerales, permiten a las plantas superar los efectos adversos de la salinidad del suelo, mejora la agregación, aireación, permeabilidad, capacidad de retención de agua, absorción de micronutrimentos y disponibilidad y la disminución de la absorción de algunos elementos tóxicos (Ryabova, 2010). En el presente trabajo, al realizar la aplicación de estos compuestos llamados fulvatos, la producción de las plantas fue siempre mucho mayor en relación con el tratamiento al que no se aplicó más que fertilización química, la dosis intermedia del fulvato de micronutrimentos superó en 250 por ciento al testigo en producción de frutos.

La firmeza de la fruta, en general, disminuye a medida que los frutos maduran; para garantizar el suministro de fruta de alta calidad, es importante seleccionar la fruta con un grado adecuado de maduración, la apariencia física, el sabor y tiempo de conservación post-cosecha, ya que dependen del nivel de madurez en la cosecha (Schmilovitch *et al.* [2000](#)). Lo anterior concuerda con lo encontrado en este trabajo, cuando se adicionó la dosis baja de fulvato de potasio y magnesio a quince días después de la cosecha, se observa una disminución de la firmeza del 58 por ciento, en relación con la misma dosis al momento de la cosecha; en cuanto a sólidos solubles totales, la dosis mínima de fulvato de micronutrimentos resultó con mayor concentración al momento de la cosecha, al transcurrir 15 aumentó ocho por ciento esta variable. López (2003), menciona que los grados Brix para las frutillas oscilan entre siete y ocho e igual para Medina (2011), en un estudio de ensayos de algunas variedades de fresa, encontró valores similares. Sin embargo, en este trabajo los valores encontrados por estos investigadores, fueron superados con la aplicación de la mayoría de las dosis; pero, en especial se alcanzó elevar este valor a 10.8 grados Brix con la dosis máxima de fulvato de micronutrimentos, el que superó al testigo en 37 por ciento.

CONCLUSIÓN

El fulvato de potasio y magnesio, realizó efecto positivo en la longitud, diámetro ecuatorial y en la firmeza después de quince días, en la firmeza del fruto al momento de la cosecha; mientras que el fulvato de micronutrientes realizó efecto positivo, en la acidez y en grados Brix después de quince días de la colecta, en grados Brix al momento de la cosecha, en la producción y contenido de vitamina C.

.

LITERATURA CITADA

- Barceló J., C., 2005., Fisiología vegetal ciencia y técnica, editorial pirámide.
- Boyer J, y Rui H. L.,2004., Apple fotoquímicos y sus beneficios para la salud *journal*. 3:5.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P.,Piccolo, A., 2015. Humic and fulvicacids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.
- Chen Y., T. Aviad, 1990. Effects of humic substances on plant growth. In humic substances in soil and crop science; selected readings (pp. 161_/186). Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America
- Coyne M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque explorativo. Ed. Paraninfo, Madrid España Pp. 416.
- Durson A; GuvenI., Turan., 2007. CAP 52 Macro ando micro nutrient contents of tomato (*Lycopersiconesculentum*) and eggplant (*Solatiummelongena var. Esculentum*). Sedling and their effects on seeding in relation to humic acid application pag improved Crop Quality by Nutrient Management Vol.86.
- Eyheraquibel B., J. Silvestre and P. morard. 2008. Effects of humic substances derives from waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize bioresource technology 99(10): 4206-4212
- Financiera rural, 2015. Panorama de la fresa en México, secretaria de hacienda y crédito público (SHCP) disponible en: <<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>>
- Hayes, M.H.B., 1997. Concepts of the compositions and structure of humic substances.
- Justafresa S.B. e Ibar, A.L. 1987. Fresas y fresones. Editorial Aedos. Barcelona, España. Pp 10 – 16
- Kader A., A., 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry, pp. 145-151. In: the strawberry into the 21st Century. J.J. Luby; A. Dale (eds.) Timbre Press. Portland, Oregon, USA. 288.

- Karanfil T., M. A. Schlautman, J. E. Kilduff, W. J. Weber Jr., 1996. Adsorption of organic macromolecules by granular activated carbon. 2. Influence of dissolved oxygen. *Environmental Science and Technology*, 30: 2195 – 2201
- Larson, D. K., 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en México In: memoria del simposio internacional de fresa J.Z. Castellanos., F. Guerra (editores) Zamora, Michoacán, México.
- López Carmelo Andrés F., 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, boletín de servicios agrícolas de la FAO capítulo 5, Roma
- MacCarthy P. 2001. The principles of humic substances: An introduction to the first principle. Pág. 19- 30. En: *Humic substances. Structures, models and functions*. Editado por E. A. Ghabbour y G. Davies. The Royal Society of Chemistry, Gateshead, UK.
- Maroto, J V., B. Pascual., J. Alagarda, y S. Lopez Galarza. 1986. Mejora de la precocidad del cultivo del fresón (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv pájaro) mediante aplicaciones invernales de ácido giberelico ITEA 63:36-38.
- Medina M., J. J., 2011, resultados de los ensayos de variedades comerciales de fresa, Instituto de investigación y formación agraria y pesquera, Córdoba.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., & Zucconi, F. 2002. Foliar application of humic acids on strawberry (cv Onda). *Acta horticulturae*. 594.
- NMX-FF-009-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. fruta fresca. determinación del tamaño con base al diámetro ecuatorial.
- NMX-F-103-1982. Alimentos. frutas y derivados. determinación de grados brix.
- Rodríguez, J., 1991 Sustancias húmicas: origen, caracterización y uso en la agricultura. Intagri.
- Ryabova, I. N., 2010. Organomineral sorbent from shubarkol coal. *Solid Fuel Chem*. 44(5):335-338.
- Sánchez, R. G. 2008. La red de valor fresa: sistema de inteligencia de mercados. Fundación produce Michoacán. Pp 145.

- Schmilovitch Z, Mizrach A, Hoffman A, Egozi H, Fuchs Y., 2000 Determinación de índices fisiológicos de mango por espectrometría de infrarrojo cercano. *Postcosecha Biol Technol.* 19 : 245-252
- Sistrunk, W. A. and Morris, J. R. 1985. Strawberry quality: influence of cultural and environmental factors. In: H. E. Patlee (Ed.). *Evaluation of Quality of Fruit and Vegetables*. AVI, Westport, Conn., pp. 217-256.
- Sociedad Internacional de Sustancias Humicas (IHSS), 2013. Producto de Alface Cultivado en Solucao Nutritiva completa com adicto a substancias humicas extraidas de sete carvoes minerales. Universidad Federal de Santa Maria. Programa de pos-graduacao en Agronomi. Santa Maria, Brasil Pp.343 – 345.
- Stevenson, F. 1994 *Humus Chemistry génesis, composition, reactions*. New York.
- Universidad de California (UC Davis). 2009 Variedad San Andreas. <<http://www.ucdavis.edu/index.html>>
- Zachariakis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C. I., Manios, V., 1999. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. In *International Symposium on Composting of Organic Matter 549* (pp. 131-136).