

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Aplicación Foliar de Sulfato de Potasio en Fresa Cultivar “Albión”

Por:

JAVIER ZAQUEROZ COELLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Aplicación Foliar de Sulfato de Potasio en Fresa Cultivar "Albión"

Por:

JAVIER ZAQUEROZ COELLO

TESIS

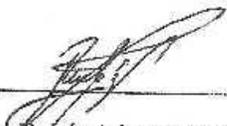
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes

Asesor Principal


Dr. Rubén López Cervantes

Coasesor


Dr. Armando Hernández Pérez

Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Te agradezco infinitamente por todas las bendiciones que me has dado, tú me diste la fuerza para luchar día con día hasta hacer realidad mis sueños, gracias por darme la sabiduría, paciencia, fe y salud para culminar de forma satisfactoria mis estudios profesionales y sobre todo guiarme e iluminarme por el buen camino.

A mi Alma Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Mi segunda casa gracias por todo lo que me brindaste, por abrirme las puertas del conocimiento, de ti me llevo los mejores recuerdos, me llevo la más agradable experiencia de mi vida, a donde quiera que valla estaré orgulloso de ti y pondré en alto tu nombre.

A mi Familia

A mis Abuelos, Tíos, Primos, Padres y Hermanos, por su apoyo incondicional, sus sabias palabras y consejos, los cuales me guiaron siempre por el buen camino, dándome el mejor ejemplo para luchar por mis sueños, siendo ellos el motivo de mi éxito.

Al Dr. José Antonio González Fuentes

Gracias por su confianza y grandes enseñanzas que me dio. Por su gran apoyo y conocimiento para llevar a cabo y finalizar este proyecto de investigación, por su paciencia, por su interés, quien me brindo ayuda durante y después de este trabajo, y sobre todo su gran amistad.

A mis asesores de Tesis

Al Dr. Rubén López Cervantes y al Dr. Armando Hernández Pérez por su gran apoyo y tiempo que me brindaron para poder realizar este trabajo.

Al Rancho Guadalupe

Gracias por acogerme durante un año en el trabajo de investigación y la realización de mis Practicas Profesionales de este gran rancho me llevo mucho conocimiento, amistades y experiencias inolvidables.

DEDICATORIA

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo y ánimos en las diferentes etapas de mi vida.

A MIS PADRES

Taurino Alejandro Zaqueroz Montalvo y María Juliana Gaudencia Coello Alva, les agradezco de todo corazón por todo el amor que me han brindado, quiero que este logro lo sientan de ustedes, gracias por la confianza que depositaron en mí, gracias por todo lo que me han brindado, gracias por estar en todo momento, que Dios me los proteja y cuide siempre. Los amo.

A MIS HERMANOS

Imelda, Alejandro, Griscelda y Jennifer Zaqueroz Coello, muchísimas gracias son los mejores hermanos, les agradezco por estar conmigo en todo momento, gracias por preocuparse por su hermano mayor, con su amor me han enseñado a salir adelante, Dios me los proteja y cuide siempre. Los amo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

A todos mis amigos, Samuel Ramírez, Alejandro Romero, Fabián Ríos, Roberto Gil, Luis Rubén Ruíz, Erik Serrano, Samuel Villegas, Víctor Emiliano Madrigal, Martín Rendón, Diego López, Cesar Augusto Martínez, Joshua Gabriel Moreno, Abraham Zarazúa, Kevin Cedillo, Uriel, Victorino Cervantes y a todos mis compañeros de generación. Silvestre Anselmo, Diego González, Crescenciano García, Magdaleno Montalvo, Claudio De Jesús, Esteban Martínez, Claudio Coello, Bernabé Alba, a ustedes por todos los momentos que pasamos juntos les deseo el mayor de los éxitos a todos y cada uno de ustedes. Les agradezco la amistad que me brindaron, gracias por compartir momentos que jamás olvidaré.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto del sulfato de potasio en la calidad de fruto y crecimiento de la planta de la fresa, en invernadero del Rancho “Guadalupe”, ubicado en el Ejido “Huachichil”, municipio de Arteaga, Coahuila, México, se cultivaron plantas cv. “Albión”, bajo un sistema hidropónico abierto y como sustrato se empleó fibra de coco. Como tratamientos se adicionaron por vía foliar 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L de agua de sulfato de potasio y como testigo, solo agua. Las variables medidas a la planta: diámetro y longitud de pedúnculo, identificados como (DP) y (LP) respectivamente. Variables en fruto: sólidos solubles totales (SST-°Brix), peso (P), firmeza (F), diámetro polar (DPF) y ecuatorial (DEF). Se encontró que con la adición de 10 y 1 g/L, aumentaron numéricamente LP y DP respectivamente; cuando se agregaron 4 g/L, los SST fueron superiores numéricamente al testigo, con 2 g/L el peso fue superior numéricamente al testigo y la firmeza fue mayor numéricamente al testigo cuando se adicionó 1 g/L. El DPF y el DEF, fueron superiores numéricamente al testigo con la adición de 2 y 1 g/L del sulfato de potasio respectivamente. En el presente estudio se encontró que con la aplicación foliar de sulfato de potasio aumento numéricamente el contenido de SST en el fruto y en la planta incremento el diámetro del pedúnculo. Mientras que la longitud de pedúnculo, peso del fruto, firmeza, diámetro ecuatorial y diámetro polar del fruto, no fueron afectadas ni numérica ni significativamente.

PALABRAS CLAVE: (*Fragaria x ananassa*), aspersion foliar, Sulfato de Potasio.

Correo electrónico; Javier Zaqueroz Coello, [zaqueroz @live.com.mx](mailto:zaqueroz@live.com.mx)

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS _____	I
DEDICATORIA _____	III
RESUMEN _____	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO _____	V
ÍNDICE DE FIGURAS _____	VII
INDICE DE CUADROS _____	VIII
INTRODUCCIÓN _____	1
OBJETIVOS _____	3
HIPOTESIS _____	3
REVISION DE LITERATURA _____	4
Historia y Origen _____	4
Situación Mundial _____	4
Situación Nacional _____	5
Descripción Botánica _____	6
Exigencias Nutrimientales de las Plantas _____	8
Nutrición del Cultivo de Fresa _____	9
Efecto de los Nutrimientos en la Calidad de Fruto _____	11
El Azufre en las Plantas _____	12
El Potasio en las Plantas _____	13
Sulfato de Potasio _____	15
Condiciones climáticas en que se desarrolla el cultivo _____	17
Manejo de Cultivo _____	17
Riego _____	17
Humedad ambiental _____	18
Definición de sustrato _____	18
Fibra de coco _____	19
La Fertilización Foliar _____	19

Importancia de la fertilización foliar _____	20
Factores que influyen en la fertilización foliar _____	20
Ventajas de la fertilización foliar _____	21
Desventajas de la fertilización foliar _____	21
MATERIALES Y METODOS _____	22
Localización del Sitio Experimental _____	22
Material vegetal utilizado _____	22
Metodología _____	23
Tratamientos _____	23
Variables evaluadas _____	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	26
Sólidos Solubles Totales (SST-°Brix) _____	26
La siguiente grafica nos muestra la relación entre el peso y los grados Brix, la cual nos dice que entre menor sea el peso del fruto los grados Brix son mayores. ____	28
Peso del Fruto (PF) _____	28
Firmeza (F) _____	29
Diámetro Polar del fruto (DPF) _____	31
Diámetro Ecuatorial del fruto (DEF) _____	32
Largo del Pedúnculo (LP) _____	33
Diámetro del Pedúnculo (DP) _____	35
CONCLUSIÓN _____	37
LITERATURA CITADA _____	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área experimental.	22
Figura 2. Respuesta en sólidos solubles totales en fresa cultivar “Albión”	28
Figura 3. Relación lineal entre Sólidos Solubles totales (SST-°Brix) con el Peso.	28
Figura 4. Respuesta en peso del fruto de Fresa cultivar “Albión”	29
Figura 5. Respuesta en firmeza de Fresa cultivar “Albión”	30
Figura 6. Relación entre la Firmeza y el Diámetro ecuatorial del fruto	31
Figura 7. Respuesta del Diámetro Polar de Fresa cultivar “Albión”	32
Figura 8. Respuesta al Diámetro Ecuatorial de Fresa cultivar “Albión”	33
Figura 9. Respuesta a la longitud del Pedúnculo de Fresa cultivar “Albión” ..	34
Figura 10. Relación entre la longitud del pedúnculo y el diámetro del pedúnculo.	35
Figura 11. Respuesta al Diámetro del Pedúnculo de Fresa cultivar “Albión” ...	36
Figura 12. Relación de la Firmeza con el Diámetro del Pedunculo	37
Figura 13. Relación entre el Diámetro del Pedúnculo con la Firmeza.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos, adicionados a fresa, cultivar “Albión”..... 23

Cuadro 2. Composición de la Solución Nutritiva utilizada comercialmente para el cultivo de Fresa cultivar “Albión” 24

INTRODUCCIÓN

La fresa es un cultivo de elevada importancia socioeconómica, con un bajo nivel de competitividad en un alto potencial de mercado; sin embargo, en el país el cultivo se enlaza con problemas de descapitalización, baja productividad y deficiente comercialización. (SIAP, 2010).

Este cultivo se desarrolla en cerca de 11 entidades del país, de las cuales tres son las que concentran la mayor superficie: Michoacán, Guanajuato y Baja California; los que contribuyen con 95%, tanto de la superficie sembrada como de la producción. Si bien la fresa ocupa menos de 1% de la superficie total dedicada a la agricultura, tiene un papel importante a nivel regional; su importancia radica en dos aspectos. 1) En el número de empleos que genera en la época de cosecha y en las diversas actividades que se realizan en las empacadoras; 2) en las grandes inversiones que se canalizan para su producción (SIAP, 2010).

Los componentes de la calidad de un producto están relacionados con las características del alimento (calidad higiénica/inocuidad y/o calidad nutricional y/o calidad organoléptica), calidad de uso o servicio (facilidad de empleo y/o capacidad de conservación) y calidad psicosocial o subjetiva (satisfacción, placer). Entre los índices de calidad que se verifican en la fresa se encuentran: apariencia (color, tamaño, forma, ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles) y valor nutricional (Mitchell *et al.*, 1996).

Por otro lado, se considera a la fertilización como una herramienta para maximizar la producción; sin embargo, la nutrición mineral también tiene un impacto importante en la calidad y en la vida en anaquel de la fruta cosechada, entre los factores de deterioro que generan rechazo por baja calidad del fruto se encuentran el tamaño, pérdida de firmeza color y maduración poco uniforme, bajo contenido de sólidos solubles y la falta de sabor, muchos de estos problemas pueden ser causados por deficiencias, desequilibrios o toxicidades

nutrimentales. Además, la fertilización afecta la susceptibilidad del cultivo al ataque de plagas y enfermedades, factor que repercute en el rendimiento y calidad de la fruta (Prange y DeEll, 1997).

Se conoce que el potencial para obtener buena calidad en postcosecha y mejorar la vida en anaquel de cualquier fruta u hortaliza fresca se determina mucho antes de la cosecha. Por lo tanto, el manejo y la implementación de prácticas adecuadas, incluyendo la fertilización, tienen gran impacto en la calidad del producto cosechado (Prange y DeEll, 1997).

En los últimos años el cultivo de la fresa ha dado un giro en las técnicas de producción, introduciendo la hidroponía y cultivo en sustrato, con la finalidad de elevar la producción pero sobre todo la calidad; sin embargo, para lograr la eficiencia de estas técnicas productivas, se requiere de investigación para manejar aspectos que en el cultivo en suelo son imperceptibles, tal es el caso de elementos como el potasio y el azufre, que son determinantes en la producción, por lo que se plantean los siguientes objetivos en este trabajo de investigación.

OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la aplicación foliar de sulfato de potasio, sobre la calidad del fruto de fresa.
- Determinar la dosis adecuada de sulfato de potasio, que aumente la calidad del fruto de fresa.

HIPOTESIS

Al menos, con un tratamiento aplicado se obtendrá un efecto positivo en las variables evaluadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Historia y Origen

Las fresas modernas de fruto grande tienen un origen relativamente reciente (siglo XIX); pero, las formas silvestres adaptadas a diversos climas son nativas a casi todo el mundo, excepto África, Asia y Nueva Zelanda. El cultivo de fresa a nivel comercial se estableció por primera vez en Irapuato, Guanajuato y a mediados de la década de los años 50 se estableció en Michoacán. De esta forma el cultivo de la fresa fue introduciéndose poco a poco en todos los rincones del valle de Zamora, desplazando áreas más específicas. Para la década de los 60s, el cultivo rápidamente se distribuyó en varios municipios del valle de Zamora y empezaron a construirse las primeras agroindustrias, para el procesamiento y congelado de la producción en la región (Conafre, 2011).

Situación Mundial

En el año 2010 la superficie mundial cosechada de fresa fue de 243, 907 ha, con un volumen de producción de 4, 366, 662 t, veinte países totalizaron 81.29 por ciento de la superficie cosechada con un volumen de producción de 3, 767, 467 t, que representaron 90. 17 por ciento del volumen de producción total mundial (Anónimo, 2010a).

Polonia, Estados Unidos, Rusia, Alemania, Turquía y Egipto concentraron 53.94 por ciento de la superficie mundial cosechada de fresa. Sin embargo, en algunos casos se advierte una falta de correspondencia con la producción, resultado de los diferentes rendimientos que logra cada país. Estados Unidos es la nación líder en producción de fresa, con un volumen de producción de 1, 292, 780 t, con tan solo una superficie cosechada de 23, 060 ha (Anónimo, 2010a).

Los principales exportadores de fresa son España, Estados Unidos, Egipto y México en cuarto lugar. Los principales importadores son Francia, Alemania, Canadá y Estados Unidos (Anónimo, 2010a).

Situación Nacional

México ocupa, el lugar número once como país importador con un volumen de 14, 070 t y el quinto lugar como productor en el mundo (Anónimo, 2010a) con 226, 657.28 t para el 2010, en una superficie cosechada de 6, 282 ha, con un rendimiento promedio de 36.08 t-ha⁻¹. Los principales estados productores son Jalisco, Estado de México, Baja California Sur, Guanajuato, Baja California, y Michoacán; en esta última entidad, se concentra la mayor producción nacional con una superficie cosechada de 3,252.5 ha y una producción superior a las 113, 193 t, seguido por el estado de Baja California con una superficie de 1, 464.t ha y una producción de 83, 428.82 t; el estado de Guanajuato con una superficie de 1, 025.01 ha y una producción de 16, 098 t; el estado de Baja California Sur con una superficie de 157.7 ha y una producción de 6, 108.5 t; el Estado de México con una superficie de 252 ha y una producción de 5, 474.6 t y por último, el Estado de Jalisco con una superficie de 118.5 ha y una producción de 2, 243.75 t, (Anónimo, 2010b).

La “Planta Madre” de fresa se importa de Estados Unidos de Norteamérica y al llegar a México, se establece en viveros para su reproducción y posterior trasplante en las áreas comerciales. Entre los cultivares más utilizados en México se encuentran: “Festival”, “Sweet Charlie”, “Galexia”, “Camino Real”, “Albión”, “Camarosa”, “Aromas”, “Ventana” y “Diamante”.

Descripción Botánica

Numerosas especies de fresa, son nativas de las zonas templadas del mundo. Una taxonomía precisa de las especies de fresa todavía está en desarrollo. La fresa pertenece a la familia *Rosaceae* del género *Fragaria*, sus parientes más cercanos son *Duchesnea Smith* y *Potentilla L.* hay cuatro grupos básicos de fecundidad en *Fragaria* que se asocian principalmente con su nivel de ploidía o el número de cromosomas. Las especies nativas más comunes son: *F. vesca*, tiene 14 cromosomas y es considerada como un diploide. La fresa cultivada más importante, *F. x ananassa*, es un octaploide con 56 cromosomas. Cruzas interploides son a menudo muy difíciles, pero las especies con el mismo nivel de ploidía a menudo se pueden cruzar con éxito; de hecho, las fresas más cultivadas son: *F. x ananassa*, que es un híbrido de dos especies del Nuevo Mundo, *Fragaria chiloensis* (L) Duch y *Fragaria virginiana* Duch. (Hancock, 1999).

Darrow (1966) señala que las especies con más cromosomas tienden a ser más robustas y producir frutos de mayor tamaño.

La fresa es una planta perenne, herbácea, que tiene un tallo central o corona de la que las hojas, raíces, los estolones y las inflorescencias emergen. La corona se compone de un núcleo central rodeado por un anillo vascular. El núcleo está compuesto principalmente de la médula, con una fina capa de cambium que lo rodea. En la parte superior de cada hoja a lo largo de la corona hay una yema axilar, que puede producir los estolones, las cuales desarrollan o permanecen en estado latente, según las condiciones ambientales (Hancock, 1999).

Las hojas están dispuestas en espiral, cada sexta hoja está por encima de la primera. Las hojas son pinnadas y generalmente trifoliadas. Tienen la epidermis y las capas de mésofilo y empalizada típicas de las dicotiledóneas. Solo tienen estomas en el envés (Darrow, 1966). Las hojas de la mayoría de las especies viven solo unos pocos meses y mueren después de la exposición a heladas

fuerzas en el otoño, aunque algunas hojas de *Fragaria chiloensis* permanecen verdes durante todo el invierno, si las temperaturas no bajan sustancialmente por debajo de cero. Las hojas viejas se sustituyen en la primavera con hojas nuevas que han hibernado como primordios entre las capas de protección de las estípulas. En un brote vegetativo, por lo general hay de cinco a diez primordios foliares (Hancock, 1999).

Las raíces emergen de la base de la corona donde entra en contacto con el suelo. La anatomía de la raíz es típica de las dicotiledóneas. Las raíces adventicias surgen de la corona en el periciclo, y empujan a través de la corteza. Las raíces comienzan con 2-5 cm de ramificación y si se dispone de suficiente agua, mantienen la ramificación en una masa fibrosa. En general, hay 20-30 raíces primarias, y hay cientos de raíces secundarias y terciarias. Hasta 50-90% de las raíces se concentran en la parte superior del suelo, a 10-15 cm de profundidad (Dana, 1980). Las raíces laterales pueden vivir de 1 a 2 años, mientras que las raíces primarias pueden vivir durante 2-3 años dependiendo de la especie y las condiciones ambientales.

Los estolones de la mayoría de las especies constan de dos nudos. Una "planta hija" se produce en el segundo nudo, mientras que el primer nudo permanece en estado latente o se desarrolla otro estolón. Cada hijo de la planta tiene la capacidad de producir sus propios estolones. Una planta vigorosa de *F. x ananassa* por lo general produce 10-15 estolones al año, mientras que un clon de *F. virginiana* puede producir dos o tres veces ese número. Estolones de *F. x ananassa* y *F. virginiana* sobreviven durante el tiempo de un año, mientras que los de *F. chiloensis* pueden hacerlo varios años. La planta madre puede transferir, el agua nutrientes y los asimilados a la planta hija durante varias semanas o años, dependiendo del genotipo y de la especie (Darrow, 1966; Alpert, 1991, 1996). Las plantas hijas con raíces por lo general pueden sobrevivir de forma independiente después de dos o tres semanas de estar adjuntas (Hancock, 1999).

La inflorescencia de la fresa es un tallo modificado o cima, terminada con una flor principal. Tras la flor principal, normalmente hay dos secundarias, cuatro terciarias y ocho cuaternarias. Una flor típica tiene diez sépalos, cinco pétalos y 20-30 estambres. Carpelos de 60-600. El mayor número de carpelos se encuentra en la flor principal, disminuyendo sucesivamente en número, de primarias a cuaternarias. Aunque un gran número de las especies de fresas son de flores perfectas, varios géneros las tienen separadas. Algunas son dioicas y están compuestas de plantas pistiladas que no producen polen viable y funcionan sólo como hembras y plantas masculinas estaminadas que no producen ningún fruto y sólo sirven como fuente de polen. Las flores son polinizadas por insectos (Hancock, 1999).

El polen madura antes de abrir las anteras, pero no ocurre la dehiscencia hasta que las flores están abiertas (Darrow, 1966; Hancock et al, 1996). El polen sigue siendo viable durante 2-3 días. El estigma permanece receptivo al polen durante 8-10 días. La fecundación ocurre 24-48 horas después de la polinización (Hancock, 1999).

El fruto de la fresa es un “agregado”, compuesto por numerosos ovarios, cada uno con un solo óvulo. Las semillas resultantes se denominan “aquenios” y son el verdadero fruto de la fresa. El embrión está formado por dos grandes cotiledones, semielípticos, que contienen proteínas y grasas, pero sin almidón (Darrow, 1966). El receptáculo está compuesto por una capa epidermal, una corteza y una médula. Las dos últimas capas están separadas por haces vasculares que proporcionan nutrientes a los embriones en desarrollo (Hancock, 1999).

Exigencias Nutrimientales de las Plantas

Los elementos que son requeridos por todas las plantas para poder completar su ciclo de vida y ningún otro puede sustituir su función por completo, son

llamados esenciales (Arnon y Stout, 1939), aquí encontramos 17 elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno que se derivan de aire o agua. Los otros 14 se obtienen del suelo o solución de nutrimentos en caso de hidroponía. De acuerdo con la cantidad en que los requieren las plantas (Barker y Pilbeam, 2007), se dividen en macro y micronutrientes.

Macronutrientes., estos son requeridos en considerables cantidades, llegando a constituir mínimo 0.1 por ciento de la materia seca de los tejidos; Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

Micronutrientes, estos son requeridos en pequeñas cantidades por las plantas; por lo general se encuentra una acumulación de cantidades inferiores a 0.01% por ciento de la materia seca de los tejidos de la planta; Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Boro (B), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y Níquel (Ni).

El que se encuentre un elemento en la planta no es evidencia de que se esencial, pues las plantas absorben elementos en solución, sin que tengan un papel en su fisiología o metabolismo (Barker y Pilbeam, 2007).

Algunos elementos pueden afectar el crecimiento de las plantas sin ser considerados como esenciales. La mejora del crecimiento no es una característica definitoria de un elemento para considerarlo esencial para las plantas, ya que si bien el crecimiento puede ser estimulado por un elemento, este no es absolutamente necesario para la planta para completar su ciclo de vida. Algunas plantas pueden responder a ciertos elementos, al mostrar un mayor crecimiento y mayores rendimientos; como por ejemplo, lo que ocurre con el suministro de sodio en algunos cultivos (Harmer y Benne, 1945, Johnston et al., 1984).

Nutrición del Cultivo de Fresa

La planta de fresa puede crecer y producir de manera satisfactoria, en una amplia gama de tipos de suelo, desde arenosos a suelos pesados. Es tolerante

a un amplio intervalo de pH del suelo pero crecen y producen mejor en suelos con un pH de 6.0-6.5. Los mayores rendimientos se obtienen cuando se cultiva en suelo profundo y fértil, con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje (Hancock, 1999).

La fresa, es una especie muy exigente en cuanto a elementos nutritivos se refiere. Las cantidades de fertilizante extraídas por hectárea, resultan ser las más altas entre las especies hortofrutícolas; debido a sus altos rendimientos, lo corto de su ciclo y lo poco profundo de sus raíces explota intensamente una pequeña capa de suelo (20 cm). Por consiguiente, requiere suelos fértiles y ricos en materia orgánica que constituya una fuente importante de nutrimentos disponibles fácilmente (Bianchi, 1986); dependiendo de ésta para prolongar la permanencia del cultivo (Jurik *et al.*, 1982).

La fresa, al igual que otras plantas, tiene requerimientos críticos para una serie de nutrimentos (Marschner, 1995; May y Pritts, 1990; Maas, 1998). Niveles adecuados de N, P y K son esenciales para el crecimiento y desarrollo (Ruef y Richey, 1925; Boyce y Matlock, 1966; John *et al.*, 1975). Los niveles de Ca son determinantes de la firmeza de la fruta (Eaves y Leefe, 1962). La deficiencia de Zn produce plantas de hojas pequeñas y frutos pequeños, y por consiguiente la reducción del rendimiento (Ulrich *et al.*, 1980). Deficiencias de Fe conducen a reducir el vigor de la planta y a hojas cloróticas (Hancock, 1999).

Algunos nutrimentos son más limitantes que otros (Pritts, 1998). La adición de N y K casi siempre es necesaria. La incorporación preplantación de P es algunas veces necesaria, pero usualmente el P no es requerido después de la plantación, las deficiencias de Ca se observan a menudo, pero generalmente se deben a factores que limitan el flujo de masas, como la baja humedad del suelo o frío, tiempo nublado, clima húmedo o bajo contenido de Ca en el suelo. El boro es también con frecuencia bajo en las plantaciones de fresa debido a la lixiviación, y puede ser fácilmente llevado a un exceso por sobre aplicación. El Fe, Mg y el Mn son por lo general deficientes en los campos de los productores

cuando el pH es demasiado alto o los suelos tienen un alto contenido de cal (King et al., 1950; Berger, 1962; Renquist y Hughes, 1985).

Algunas interacciones nutrimentales pueden jugar un papel importante en la regulación de la productividad de fresa (May y Pritts, 1990). Kirsch (1959) encontró interacciones significativas entre los niveles en el suelo de N, P, K y cal. El P incrementó notablemente los rendimientos cuando la cal se añadió. Zurawicz y Stushnoff (1977) encontraron que las plantas más resistentes al frío tuvieron la mayor proporción P:K.

En la aparición de síntomas de deficiencia, las diferencias considerables en los sistemas de cultivo y el medio ambiente pueden jugar un papel crítico. Además, múltiples deficiencias a menudo se presentan juntas, como Fe, Mn, Cu y Zn a pH alto. Las deficiencias se detectan mejor mediante la realización de un análisis de tejido vegetal de follaje antes de que las plantas presenten síntomas (Hancock, 1999). El contenido de nutrimentos en las hojas puede dar una representación más precisa de sus necesidades (May y Pritts, 1994).

Efecto de los Nutrimentos en la Calidad de Fruto

Los nutrimentos influyen sobre la calidad de frutos, ya sea de manera directa o indirecta. Los efectos directos dependen del contenido del elemento y del balance nutrimental en el fruto. Para poder manipular el contenido mineral y el balance nutrimental en los frutos es importante conocer la función y la dinámica de acumulación de nutrientes en los frutos en desarrollo. Se ha encontrado que para la mayoría de los nutrientes (por ejemplo N, P y K) la translocación a los frutos es vía xilema y floema; mientras que otros nutrientes como el Ca es proporcionado solo vía xilema. Las hojas maduras exportan vía floema N, Mg y K a los frutos en desarrollo.

Niveles excesivos de N pueden conducir a desarrollo de frutos blandos, de coloración pobre, con maduración retrasada, bajo rendimiento y un incremento

en susceptibilidad a oídio (cenicilla) y ácaros (Stadelbacker, 1963; Voth et al 1967; May y Pritts, 1990). El K es requerido para la acumulación y translocación de fotosintatos de las hojas a los frutos (Marshner, 1995; Jones, 2003; Alcántar y Trejo 2007). Los requerimientos de K hacia los frutos se incrementan progresivamente conforme los frutos se aproximan a la maduración (Tigliavini *et al.*, 2000).

El Azufre en las Plantas

La planta absorbe la mayor parte del S en forma de sulfatos (SO_4) través de la raíz, pero simultáneamente está capacitada para tomarlo en forma de gas (SO_2) a través de las hojas. El S es constituyente de los aminoácidos: cistina, cisteína, y metionina y en consecuencia de las proteínas que contienen a éstos, además de otros importantes compuestos como la tiamina, biotina y la coenzima A.

Los análisis foliares que se ha realizado en diferentes cultivos muestran concentraciones de S que va de 2 a 10 g kg^{-1} , dependiendo del cultivo. Concentraciones menores indican deficiencia y concentraciones mayores pueden indicar exceso. La deficiencia de S se caracteriza por una coloración amarillenta uniforme en las hojas nuevas. La materia orgánica del suelo es la principal fuente de S, por esta razón las deficiencias son comunes en suelos arenosos pobres en materia orgánica, suelos ácidos, y suelos con lluvia o riego excesivos. Los fertilizantes portadores de S más utilizados son: sulfato de amonio, sulfato de potasio, superfosfato simple. Además, el yeso, más allá de corrector de suelo, puede también ser una buena fuente de S.

Funciones del azufre en las plantas; numerosos compuestos de la planta (Aminoácidos, proteínas, enzimas etc.) poseen N y S, lo que ayuda a explicar la existencia de una relación N/S que está asociada con el crecimiento y la producción. Las proteínas son los compuestos que más incorporan N y S y están constituidas principalmente por los aminoácidos cistina, cisteína y

metionina. El S como el N, está presente en todas las funciones y procesos que son parte de la vida de la planta, desde la absorción iónica hasta su participación en el RNA y DNA, pasando por el control de crecimiento y diferenciación de los tejidos de la planta.

El Potasio en las Plantas

El K representa el catión que es absorbido en mayor cantidad (Alcántar y Trejo, 2009). El K está caracterizado por una alta movilidad en plantas a todos los niveles, dentro de las células individuales, dentro de tejidos y así como en el transporte a larga distancia vía xilema y floema (Hawkesford *et al.*, 2012).

Incrementa el crecimiento de la raíz y mejora al absorción de agua y nutrientes, forma parte para la construcción de celulosa, es requerido para activar al menos 60 diferentes enzimas involucradas en el crecimiento de la planta, reduce la respiración, previniendo pérdida de energía, ayuda en la fotosíntesis y en la translocación de azúcares y almidón, incrementa el contenido de proteínas en la planta, mantiene la turgencia y reduce la pérdida de agua y marchitez, ayuda a retrasar enfermedades en cultivos, esto significa que parte de la función del K está relacionada a la formación de precursores de clorofila o a la prevención de la descomposición de la clorofila, neutraliza los ácidos producidos durante el metabolismo de los carbohidratos en la célula vegetal, y está íntimamente involucrado en la apertura y cierre de estomas (Fageria, 2009).

El K participa como regulador de la presión osmótica, existen evidencias de que el K se acumula en la superficie de los cloroplastos y que durante el proceso de fotosíntesis penetra en ellas. Tanto la fosforilación fotosintética, como la oxidativa (en respiración) requieren de K (Alcántar y Trejo, 2009), retiene el agua en los tejidos vegetales, transporta agua a larga distancia y asimilados en el floema y xilema. Interviene, igualmente en la estabilización del pH celular, contrarrestando la carga negativa de ácidos orgánicos y aniones inorgánicos,

tales como el Cl y el SO_4 . Es importante en el crecimiento primario de las células por su efecto en la elongación celular. La concentración de este nutriente varía entre 1 a 6 por ciento de materia seca. Se trata del catión más abundante en los tejidos vegetales (Sánchez, 2004). Contribuye en la absorción y desplazamiento de otros nutrientes dentro de la planta (Thompson y Troeh, 1988) y tiene efectos positivos en la resistencia de la planta a estrés biótico y abiótico (Hawkesford et al., 2012).

Cuando el K se encuentra deficiente, el crecimiento se retarda, y el transporte neto del K de las hojas maduras y tallos se mejora. Las hojas bajo severas deficiencias se vuelven cloróticas y necróticas, dependiendo de la intensidad luminosa a la cual son expuestas (Hawkesford et al., 2012), presentan necrosis en la punta y en los bordes, las hojas tienden a curvarse hacia arriba, enrollándose cada vez más y adquiriendo un aspecto como si se hubieran quemado (Navarro y Navarro, 2003). A pesar de que el K no es un constituyente de la clorofila, un síntoma característico de deficiencia es la destrucción de la clorofila (Fageria, 2009).

Al incrementar el aporte de K a las raíces se incrementa la concentración en varios órganos excepto granos y semillas (Hawkesford et al., 2012). Los excesos apenas se puede observar, en cultivos hidropónicos se han descrito los siguientes síntomas crecimiento retardado, quemaduras y escarificación de las hojas y defoliación precoz (Sánchez, 2004).

Las alteraciones por exceso de K en la planta se presentan con menos frecuencia, y están basadas en los antagonismos: K/Mg, K/Ca, K/Fe y K/B. la absorción excesiva y su enriquecimiento hace disminuir la de otros, por ello, el exceso origina comúnmente situaciones a deficiencias de Mg, Fe y Zn (Navarro y Navarro, 2003).

Sulfato de Potasio

Este fertilizante complementa el contenido de nutrientes de los mejoramientos del suelo orgánico; contiene un 50 por ciento de potasio (K_2O) y un 18 por ciento de azufre (S), ambos nutrientes para plantas que mejoran su crecimiento, rendimiento y sobre todo calidad.

El K_2SO_4 es una excelente fuente para la nutrición de las plantas. La porción potásica del K_2SO_4 no es diferente a la de otras fuentes de fertilizantes potásicos. Sin embargo también aporta una fuente valiosa de azufre (S), que es a veces deficiente para el crecimiento vegetal. El azufre es requerido para la síntesis de proteínas y el funcionamiento enzimático. Hay ciertos suelos y cultivos donde la aplicación de Cl debe ser restringida. En estos casos, el K_2SO_4 es una fuente de K muy aconsejable. El K_2SO_4 posee solo un tercio de la solubilidad del KCl, por lo que no es comúnmente disuelto para la aplicación a través de agua de riego a menos que haya necesidad de aportar S.

Composición:

Formula química: K_2SO_4

Contenido de K_2O : 48 a 53%

Contenido de S: 17 a 18%

Solubilidad en agua (25°C): 120 g/L

pH de la solución: 7

[http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/\\$FILE/NSS-ES-05.pdf](http://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/$FILE/NSS-ES-05.pdf).2017.

Los grados Brix (SST) y su Efecto en la Pos cosecha del Fruto

Los sólidos solubles son el conjunto de determinados azúcares (glucosa fructosa y sacarosa), ácidos orgánicos (ácido málico, ácido cítrico y ácido succínico), compuestos fenólicos, antocianos, etc. Las fresas, tras su recolección, continúan con sus reacciones metabólicas básicas, entre ellas la respiración, utilizan como sustrato los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa, disminuyendo con ello los sólidos solubles del fruto, proceso que resulta activo durante todo el periodo de post recolección y la disminución en el tiempo de este parámetro depende de los distintos factores relacionados con su conservación, siendo la temperatura y las características del material de envasado los principales. La aceleración de la respiración, es decir, la disminución de los sólidos solubles, se produce en presencia de atmósferas ricas en oxígeno del fruto (Hernández, 1997).

La respiración es el proceso mediante el cual reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas y grasas) son degradados a productos finales simples con una liberación de energía, el oxígeno (O_2) es usado y el bióxido de carbono (CO_2) es producido en este proceso, la pérdida de material orgánico en el producto durante la respiración significa una aceleración de la senescencia conforme las reservas que mantienen vivo al producto se agotan, una reducción en el valor nutritivo pérdida de la calidad especialmente la dulzura (Brady, 1987).

Mass (1981), cita que varias enfermedades de postcosecha en el fruto de fresa frecuentemente la infección comienza en el campo, principalmente *Botrytis cinerea* que causa la mayor proporción de pérdidas de fruta en postcosecha, la fresa es muy propensa a distintos hongos que lo atacan después de la cosecha.

Condiciones Climáticas en que se Desarrolla el Cultivo

La planta de fresa es termo y fotoperiódica, o sea que su crecimiento depende de las condiciones de temperatura y luz. Las altas temperaturas y los días largos (más de doce horas de luz) provocan un crecimiento vegetativo excesivo; las bajas temperaturas y días cortos inducen la floración. En condiciones en donde todos los días tienen menos de 12 horas de luz, el factor determinante para producir la fruta, es la temperatura, siendo la óptima en promedio de 14 °C, pero se adapta bien entre 10 °C y 20 °C. (Yael 2011).

Manejo de Cultivo

Riego

Se cultiva bajo condiciones de riego, las técnicas de riego pueden ser goteo, micro aspersión, aniego y aspersión.

Si se cultiva bajo condiciones de temporal, se debe contar con una precipitación anual entre 900 y 1500 mm, procurando que la planta cuente con suficiente humedad durante los periodos de crecimiento y desarrollo del cultivo, pero con una atmósfera relativamente cálida y seca durante la maduración del fruto. Un tiempo lluvioso, nublado y frío en esa época afecta mucho tanto los rendimientos como la calidad de la fresa. Este cultivo no tolera la sequía. (Yael, 2011).

Humedad ambiental

La fresa prefiere condiciones medias de humedad. Puede prosperar en regiones con bastante humedad atmosférica, sin embargo, al acercarse la maduración es preferible una atmósfera relativamente seca (Yael, 2011).

Definición de sustrato

Sobre el término sustrato aplicado a la horticultura, existen diversas definiciones. (Burés, 1997) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada. Por su parte, (Abad *et al*, 2004) señala que sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal.

Kämpf *et al*. (2006) definen como sustrato para plantas al medio poroso donde se desarrollan las raíces, relacionadas con el cultivo en recipientes fuera del suelo. En general, podemos resumir que un sustrato para el cultivo de plantas es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrientes, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales deberán ser colocados en un contenedor.

Fibra de coco

Este sustrato se origina a través del procesamiento industrial de cocos, obtenidos desde huertos especialmente dedicados a la producción de estos frutos, para fines gastronómicos. La elaboración de sustrato se generó a partir de investigaciones e inversiones para el desarrollo de una política de producción agrícola e industrial, cuyo objetivo era impulsar el máximo aprovechamiento del fruto. El sustrato de fibra de coco se origina de desfibramiento industrial del mesocarpio de las cascaras de coco, obteniéndose un sustrato de estructura granular homogénea, con alta porosidad total. Debido a su característica de este sustrato permite una alta germinación, enraizamiento y un óptimo desarrollo de las plántulas. Por otro lado, la fibra de coco permite disminuir los costos de transporte y almacenamiento, ya que su comercialización se realiza en fardos prensados, los que al ser mezclados con agua aumentan considerablemente su volumen total (Taveira 2005).

La Fertilización Foliar

La fertilización foliar es un nuevo concepto de la nutrición vegetal que consiste en aportar pequeños complementos de la fertilización al suelo, con el propósito de suministrar los elementos que requieren las plantas en el momento más oportuno. Las aplicaciones foliares constituyen el medio más eficaz de colocación del fertilizante, es un medio para proporcionar nutrientes a la planta con la finalidad de que sean aprovechados en menor tiempo, con relación a las aplicaciones al suelo (Ordoñez, 1994).

Importancia de la Fertilización Foliar

Como se sabe las plantas tienen la capacidad de absorber nutrimentos a través de las hojas. La absorción tiene lugar mediante las estomas de las hojas y también a través de la cutícula de la hoja. El movimiento de los elementos es más rápido a través de las estomas, pero la absorción total puede ser la misma a través de la cutícula. Las plantas leñosas y las plantas herbáceas son también capaces de absorber nutrimentos a través de la superficie de sus tallos o troncos (Tamhane, *et al*, 1964).

La aplicación se ubica en etapas fenológicas cercanas a la floración que es cuando muchos cultivos muestran un marcado incremento en la actividad metabólica y la absorción de los nutrimentos es más eficaz (Gray, 1997).

Factores que influyen en la fertilización foliar

Es necesario tomar en cuenta distintos factores que pueden afectar en la aplicación de fertilizantes foliares, como la fisiología de la planta, el ambiente y la formulación foliar la cual se debe tomar en cuenta la concentración de sales portadoras del nutriente, el pH de la solución y la adición de coadyuvantes.

Del ambiente se debe de considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, humedad relativa y la hora de aplicación. En la planta se ha de tomar en cuenta la especie del cultivo, estado nutricional, etapa de desarrollo de la planta y edad de las hojas (Kovacs, 1986).

Ventajas de la fertilización foliar

- Aplicación de elementos requeridos en menores proporciones en el momento de utilización de los mismos, independizándose de la provisión del suelo.
- Aplicación aun en momentos de dificultad de provisión de los nutrientes por el suelo, stress hídrico temporario.
- Absorción y respuesta inmediatas.
- Mejoramiento de procesos parciales (calidad de fruto).
- Trofobiosis: interacción nutrición-sanidad.
- Aplicación uniforme de nutrientes.
- Aplicación tardía dentro del ciclo de desarrollo del cultivo.
- Aplicación de nutrientes aprovechando la aplicación de otros fitoterapicos.
- Sinergismo con fungicidas e insecticidas (residuales por ingesta).
- Es independiente de la disponibilidad del nutriente en el suelo.

Desventajas de la fertilización foliar

- Escaso efecto residual, por lo tanto su implementación debe ser estratégica.
- Limitada a productos con cierta movilidad en la planta, o debe ser inducida.
- Requiere de productos específicamente formulados, para no quemar y poder ingresar adecuadamente a la planta.
- Requiere de aplicaciones extra, salvo que se puede incorporar a la aplicación de distinto agroquímicos.
- Todas estas propiedades hacen que sean productos de costo elevado en relación a la concentración del nutriente (Rodriguez, 1982).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El experimento fue conducido en un invernadero de producción comercial en el rancho “Guadalupe” ubicado a los 25° 12 39.30 de Latitud Norte, 100° 45 5.58 de Longitud Oeste y a 2006 msnm en “Huachichil” Municipio de Arteaga, Coahuila, México.



Figura 1. Localización del área experimental.

Material vegetal utilizado

Se utilizaron plantas de fresa del cultivar “Albión. Las plantas seleccionadas para este experimento fueron las mejores fisiológicamente hablando, todas las plantas fueron expuestas a las mismas condiciones de todo el invernadero de acuerdo al manejo del productor, así como la misma solución nutritiva, sin la aplicación de ningún pesticida.

Metodología

El experimento, se distribuyó de acuerdo a un diseño experimental bloques al azar. Los datos se analizaron en el ANVA con la prueba de LSD ($\alpha \leq 0.05$). Con el sistema Statistical Analysis System para Windows, versión 9.0 (SAS 2002).

Tratamientos

Los tratamientos fueron siete, con cuatro repeticiones. Cada repetición tuvo cuatro plantas, con un total de 16 por tratamiento y 112 plantas en total por todo el experimento y las aplicaciones fueron una vez a la semana por un tiempo de tres meses de forma foliar (Cuadro 1).

Este experimento se realizó en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) del cultivar “Albión”, en el periodo del 5 de Septiembre de 2015 al 15 de diciembre de 2015; con número similar de coronas. Las plantas fueron cultivadas en bloques de fibra de coco como sustrato de crecimiento con dimensiones de 12 centímetros de ancho por ocho centímetros de alto y un metro de longitud. La densidad de plantación fue de cinco plantas por bloque de fibra de coco.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos, adicionados a fresa, cultivar “Albión”.

Tratamiento	Dosis KSO ₄
Testigo	Agua
T1	1 g/L
T2	2 g/L
T3	4 g/L
T4	6 g/L
T5	8 g/L
T6	10 g/L

Las plantas, fueron expuestas a la misma solución nutritiva (Cuadro 2), en un sistema abierto de acuerdo a la formulación comercial del productor la cual se

aplicó por medio de espagueti de plástico con un diámetro de cuatro milímetros y una longitud de 70 centímetros, conectados a la tubería secundaria de distribución. La capacidad de emisión de los goteros fue de 2 litros por minuto y la frecuencia de riego, fue de cada 2 horas con un tiempo suficiente para lograr un volumen de drenaje del 15 al 20 por ciento.

Cuadro 2. Composición de la Solución Nutritiva utilizada comercialmente para el cultivo de Fresa cultivar “Albión”.

Nutriente	Meq/L
Nitrógeno	
NO ₃ -N	5.5
NH ₄ -N	2
Fosforo H ₂ PO ₄	1
Azufre SO ₄	3.5
Potasio K	2.5
Calcio Ca	3.5
Magnesio Mg	2
Hierro (ppm)	2.8
Boro (ppm)	0.6
Manganeso	0.04
Zinc	0.2
Cobre	0.1
Molibdeno	0.03
pH	5.5-6.0
Conductividad eléctrica (dSm ⁻¹)	~1.0

Variables evaluadas

Las variables medidas a la planta fueron: diámetro del pedúnculo (DP) y largo del pedúnculo (LP) y al fruto: sólidos solubles totales (SST-°Brix) (Refractómetro, marca ATAGO), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE) (vernier digital, marca PRETUL), peso fresco (PF) (balanza digital marca TORREY y firmeza (F) (Penetrométero digital marca ATAGO).

La temperatura y humedad relativa fueron, monitoreadas cada 15 minutos por el tiempo del experimento, con un datalogger modelo HR1 (HOBBO, inc.). La temperatura máxima del invernadero fue de 28°C y la mínima de 14°C con un promedio de 19°C. la humedad relativa se mantuvo en rangos de 92 y 38 por ciento como máxima y mínima respectivamente con un promedio de 58 por ciento. Con las lecturas obtenidas de temperatura y humedad relativa se calculó el déficit de presión de vapor (DPV) el cual varió de 0.2 kPa a 2.2 kPa, con un promedio de 0.72 kPa a lo largo del experimento.

En fruto

Peso fresco (g). En cada corte se tomo el peso fresco de 10 frutos por tratamiento, de forma individual, usando una balanza digital marca TORREY.

Índice de redondez. Para determinar esta variable fue necesario tomar los datos de diámetro ecuatorial DE y longitud de los frutos, en milímetros, lo cual se realizó con un vernier digital marca PRETUL, de un promedio de 10 frutos por tratamiento. Los resultados de la relación longitud/diámetro fueron utilizados para determinar las formas de los frutos; donde valores menores a uno fueron considerados como frutos achatados, mayores a uno considerados como frutos alargados y valores de cero considerados como frutos redondos (Martínez *et al.*, 2008).

Firmeza (g cm^{-2}). Se midió esta variable en un promedio de 10 frutos por tratamiento, de los que se procuró se encontraban en el mismo estado de madurez, con un penetrómetro digital marca ATAGO, con puntal de 1,9 mm de grosor.

Sólidos Solubles Totales (SST-°Brix). La concentración fue determinada con el uso de un refractómetro digital marca ATAGO, de un promedio de diez frutos por tratamiento, de cada una de las muestras se extrajeron directamente

algunas gotas de jugo y se colocaron en el refractómetro para efectuar la lectura.

En planta

Diámetro del Pedúnculo. Esta variable se midió en los racimos recién cosechados los frutos para las demás mediciones se utilizó un vernier digital, marca PRETUL, la medición se efectuó en la parte inferior a los frutos primarios.

Longitud del Pedúnculo. Esta variable se midió en los racimos recién cosechados los frutos para las demás pruebas se utilizó una cinta métrica en cm. La medición se efectuó desde la base del pedúnculo pegado a la corona hasta la punta de la misma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sólidos Solubles Totales (SST-°Brix)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron diferencias numéricas en (SST-°Brix), ya que fue mayor en aquellas que fueron tratadas con 4 g/L superando al testigo (Agua) con 4.81 por ciento mientras que en las plantas que se les aplicó 1 y 2 g/L no hubo diferencias respecto al testigo y en las plantas tratadas con 6, 8 y 10 g/L tuvieron un decremento del 2, 4.4 y 5% por ciento respectivamente. Posiblemente el decremento se deba a la alta dosis que se aplicó ya que con la aplicación menos concentrada se encontró beneficios favorables (Figura 2).

En cuanto a sólidos solubles totales (SST-°Bx) en los resultados obtenidos se encontró que todos los tratamientos quedaron dentro de un rango que varió de

4.6- 11.9 y que coincide con lo establecido por Dale y Luby (1991). El potasio es activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y en la respiración, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas y es involucrado en el transporte de los fotoasimilados (Swietlick, 2003). El potasio es el nutriente más importante que influye en la calidad del fruto Roorda van Eysinga, 1966; Winsor y Long, 1967; Adams et al (1978). Según Winsor *et al.*, (1958) los roles principales del potasio se encuentran el síntesis de la proteína, los procesos fotosintéticos y el transporte de azúcares de las hojas a las frutas. Un buen suministro de potasio sustentará, por consiguiente, desde el principio la función de la hoja en el crecimiento de la fruta y contribuirá al efecto positivo del potasio en el rendimiento y en el alto contenido de sólidos solubles en la fruta, lo que se vio reflejado en nuestro experimento cuando se adiciono cuatro g/l de sulfato de potasio. Aproximadamente entre el 60 y 66% de potasio absorbido por la planta, se encuentra en la fruta Winsor *et al.*, (1958).

Coincidiendo con (Ramírez *et al.*, 2011) donde evaluaron dosis de fertilización potásica reportando una de media de 5.29 °Brix para la solución a un 45% (9 Meq/L) de potasio, el cual superó a todos los tratamientos evaluados, demostrando que el aplicar medias o altas concentraciones de fertilización potásica, incrementa los grados Brix en los frutos. Explicar por qué dosis altas no favorecen.

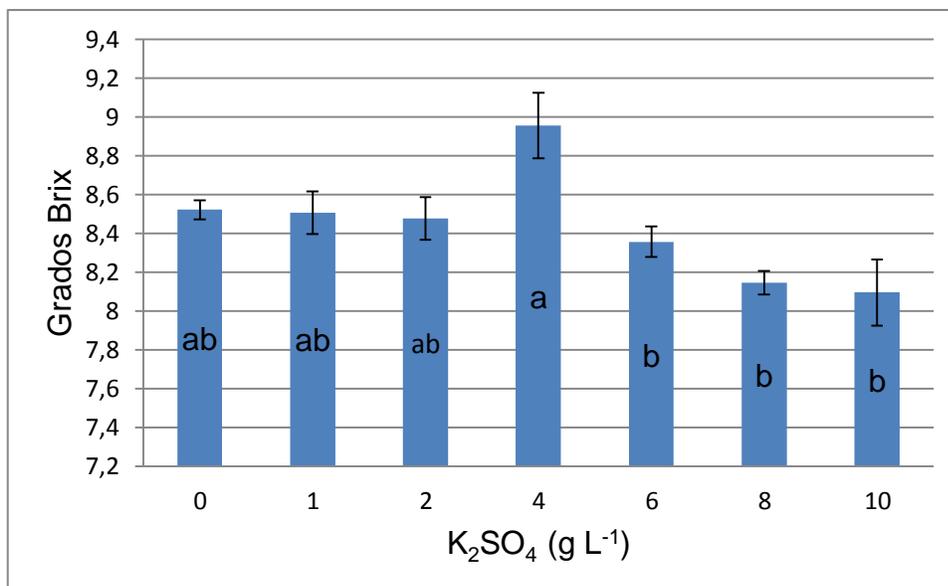


Figura 2. Respuesta en sólidos solubles totales en fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se uso la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La siguiente grafica nos muestra la relación entre el peso y los grados Brix, la cual indica que a menor peso del fruto los grados Brix fueron mayores.

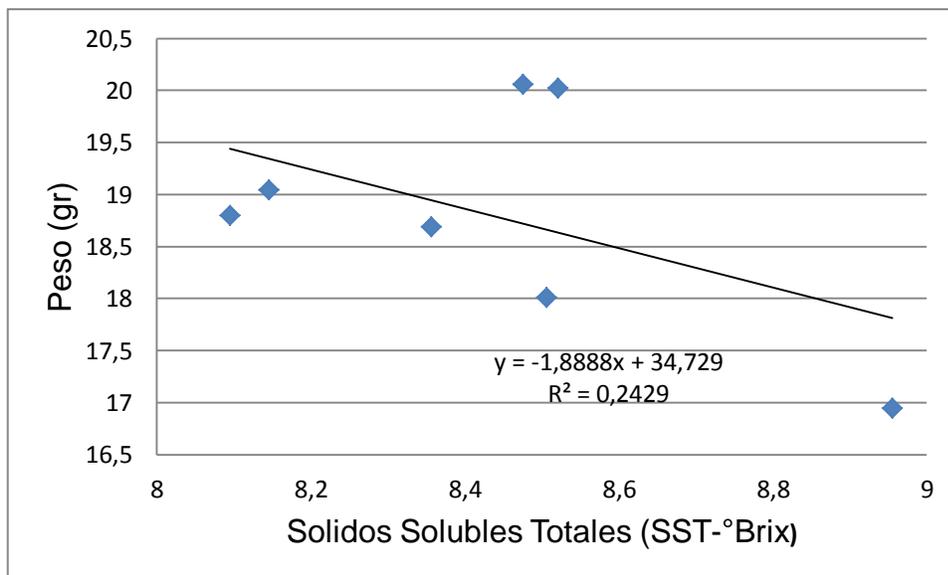


Figura 3. Relación lineal entre Sólidos Solubles totales (SST-°Brix) con el Peso.

Peso del Fruto (PF)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no mostraron efecto significativo en la variable peso del fruto. Con respecto a la dosis de 4 g /L que se aplicó una vez a la semana de forma foliar, comparada con el testigo (T) significativamente son iguales y numéricamente hablando también es igual al testigo (T) y en los demás tratamientos no hubo diferencia significativa ni numérica, esto posiblemente se deba a las altas concentraciones aplicadas y/o a la frecuencia de aplicaciones.

En 1996, la aplicación foliar de bajas dosis de potasio como bioactivador no mejoró el rendimiento, al contrario de lo obtenido por Fernández *et al.* (1996, 1998) en melón y calabacín cultivadas en invernadero. El diferente comportamiento del melón frente a las aplicaciones foliares pudiera ser debido a las diferentes condiciones ambientales en las que se desarrolló.

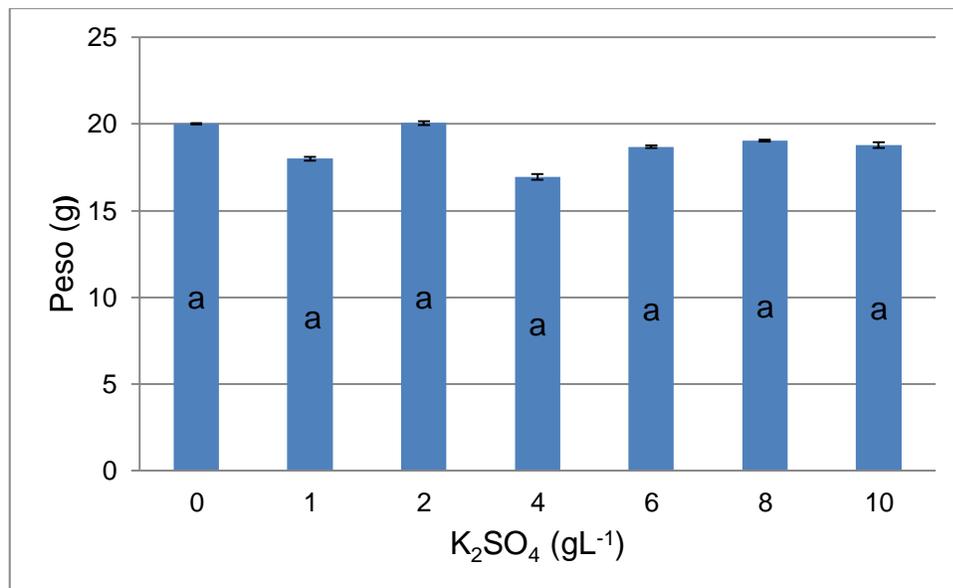


Figura 4. Respuesta en peso del fruto de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Firmeza (F)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable firmeza (F). El tratamiento dos tuvo una ligera diferencia numérica del 7 por ciento más que el testigo (T) y en los demás tratamientos se obtuvo diferencia numérica menor a 7%. Esto posiblemente se deba a que hubo diferentes factores que impidieron a que hubiera diferencias significativas como la frecuencia de aplicaciones.

Algunos autores dicen que la nutrición potásica constituye un aspecto de manejo agronómico que permite incrementar la acidez titulable, firmeza, uniformar la maduración y lograr un mejor sabor del fruto (Ho y Adams, 1995).

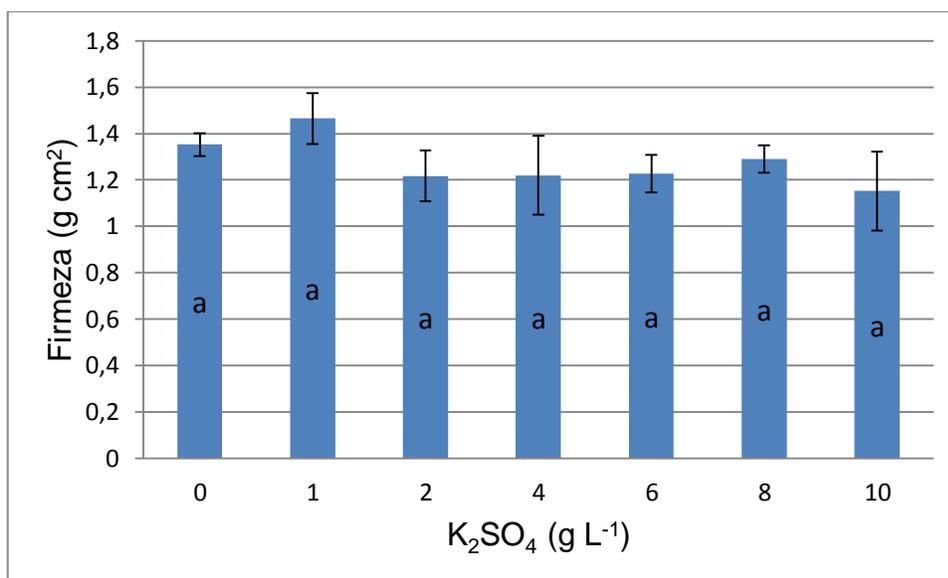


Figura 5. Respuesta en firmeza de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

En la siguiente grafica se muestra la relación entre la firmeza y el diámetro ecuatorial del fruto, donde se puede observar entre mayor diámetro ecuatorial del fruto la firmeza es mayor.

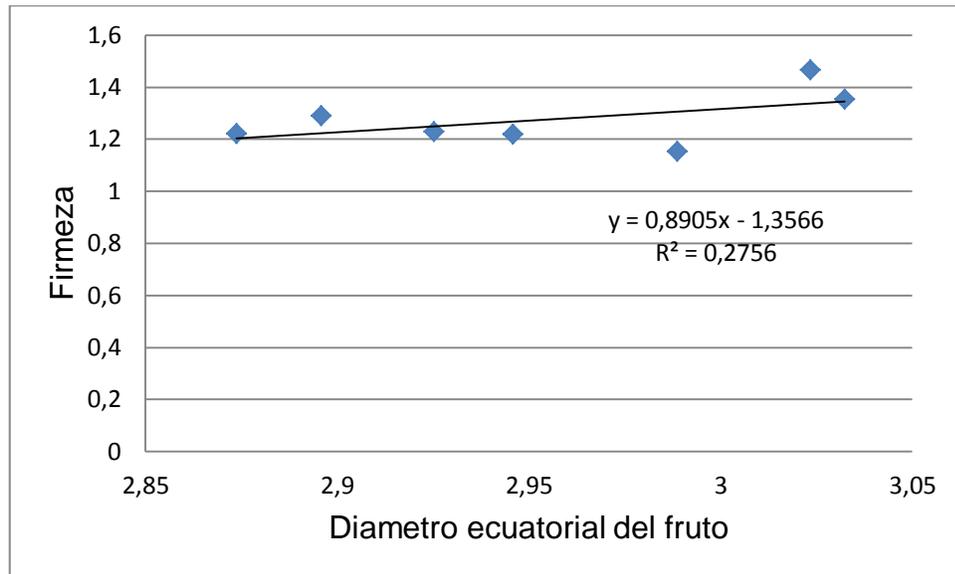


Figura 6. Relación entre la Firmeza y el Diámetro ecuatorial del fruto.

Diámetro Polar del fruto (DPF)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable diámetro polar (DM). Todos los tratamientos dieron un resultado inferior en comparación con el testigo (T). Esto posiblemente se deba a que la aplicación de Sulfato de Potasio no influya directamente en esta variable ya que se obtuvieron diferencias mínimas.

Según Gutiérrez (1995) que trabajando con diferentes dosis de potasio en Chile, encontró que no existen diferencias en el diámetro polar y ecuatorial. Sin embargo en otras investigaciones dicen lo contrario por ejemplo Ruíz (2014) que con diferentes fuentes de potasio en brócoli encontró que con el Sulfato de

Potasio hubo un incremento en el diámetro polar, a diferencia de otras fuentes de Potasio.

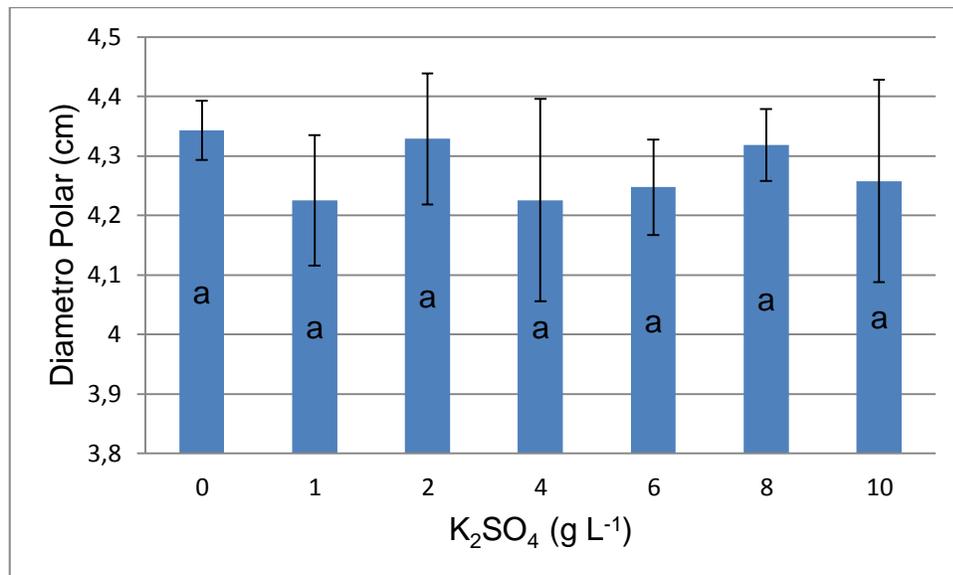


Figura 7. Respuesta del Diámetro Polar de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Diámetro Ecuatorial del fruto (DEF)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable diámetro ecuatorial (DE). Todos los tratamientos dieron un resultado inferior en comparación con el testigo (T). Esto posiblemente se deba a que la aplicación de Sulfato de Potasio no influya directamente en esta variable ya que se obtuvieron diferencias mínimas.

Sin embargo, de acuerdo a Ramírez (2010) quien trabajando con diferentes porcentajes de potasio, encuentra que a un porcentaje de 40% de potasio el diámetro del tomate aumenta en comparación del 20% y 60% respectivamente. Esto coincide con Ruíz (2014) quien trabajando con diferentes fuentes de

potasio en brócoli, encuentra que con el Sulfato de Potasio se obtiene un aumento de esta variable a diferencia de otros fertilizantes.

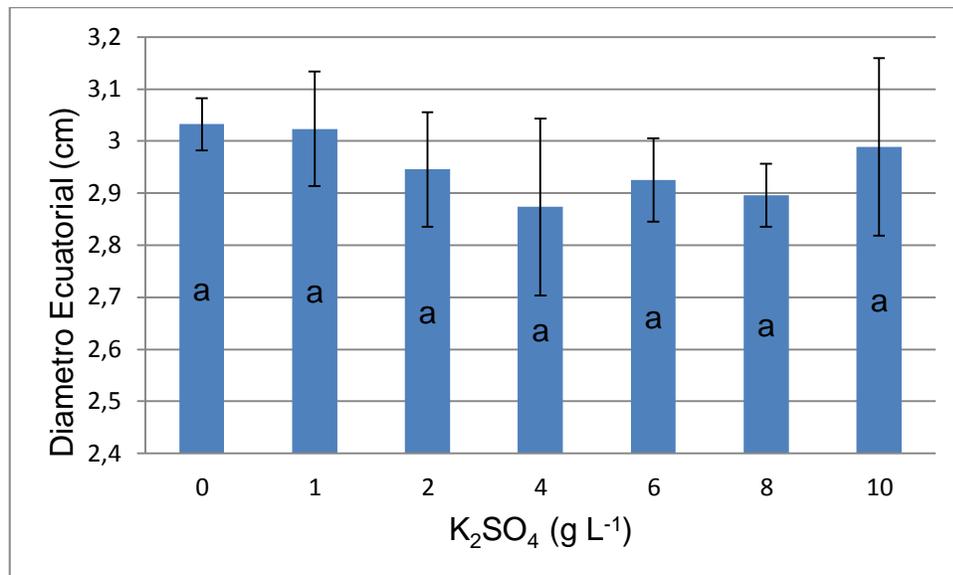


Figura 8. Respuesta al Diámetro Ecuatorial de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Largo del Pedúnculo (LP)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable Largo del Pedúnculo (LP). En el tratamiento dos (T2) se obtuvo un resultado inferior a comparación con el testigo con una diferencia numérica del 12 por ciento menos. Los demás tratamientos obtuvieron resultados mayores a comparación con el testigo (T) con una diferencia numérica del 23%, el tratamiento siete (T7) fue el que mejor resultado arrojó con un promedio de 6.4 cm de largo del pedúnculo a comparación con el testigo (T) que obtuvo 5.2 cm.

Estos resultados difieren de Godoy (1971) quien en un experimento con duraznero y utilizando diferentes fuentes de potasio, encuentra que sulfato de potasio es quien obtiene mayor rendimiento en peso de raíz con 20 g de diferencia con respecto a otras fuentes. Por lo tanto fue de mayor tamaño lo mismo pudo pasar con este experimento que al aplicar 1 g/L de sulfato de potasio incrementó el tamaño del pedúnculo.

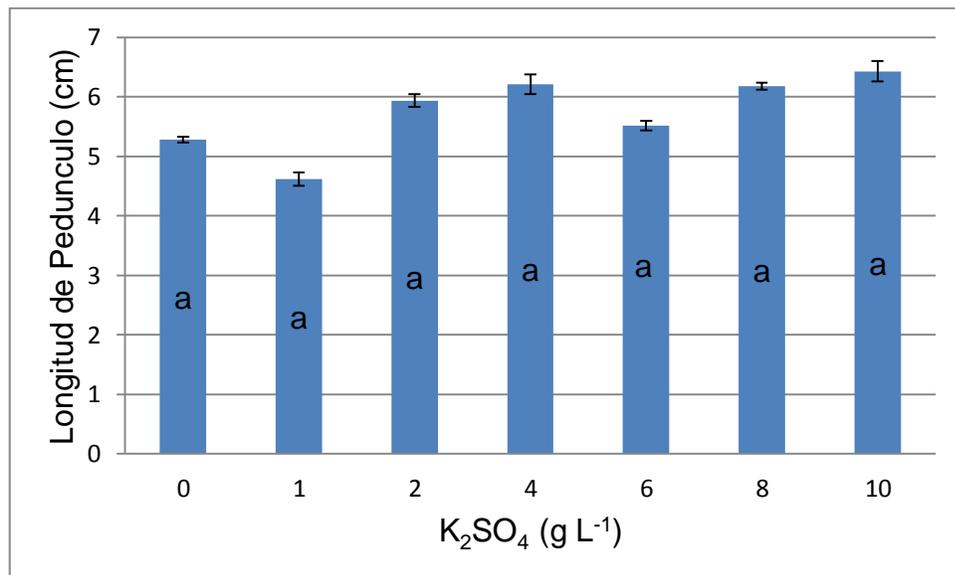


Figura 9. Respuesta a la longitud del Pedúnculo de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se uso la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La relación entre la Longitud del Pedúnculo con el Diámetro del mismo nos indica que entre mayor sea el diámetro la longitud es menor.

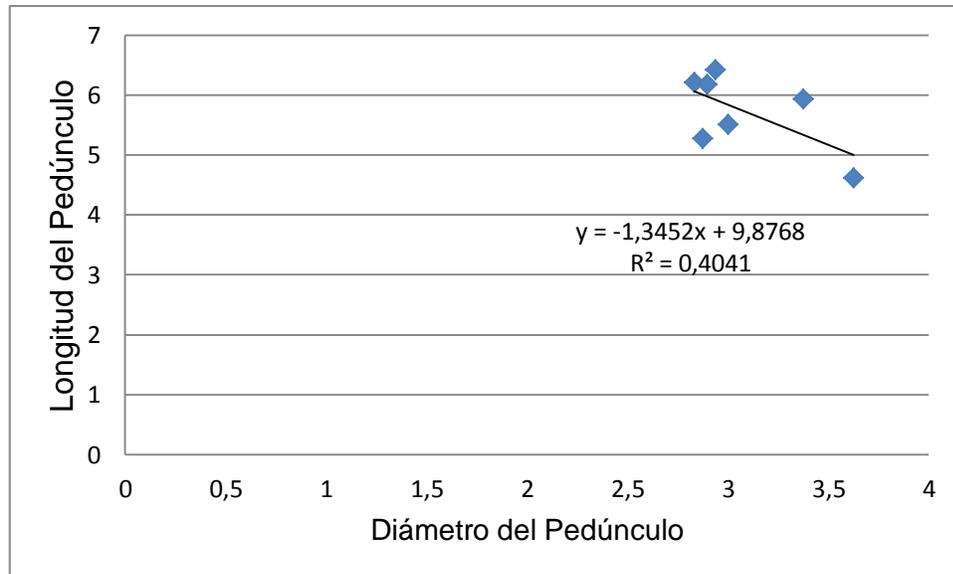


Figura 10. Relación entre la longitud del pedúnculo y el diámetro del pedúnculo.

Diámetro del Pedúnculo (DP)

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados afectaron de manera significativa la variable Diámetro del pedúnculo (DP). El tratamiento que mejor resultado obtuvo fue el tratamiento dos (T2) a comparación con el testigo, le sigue el tratamiento tres (T3) los tratamientos dos y tres tuvieron diferencia significativa a comparación con el testigo (T). Y en los demás tratamientos no hubo diferencia significativa ni numérica.

Estos resultados difieren de Godoy (1971) quien en un experimento con duraznero y utilizando diferentes fuentes de potasio, encuentra que sulfato de potasio es quien obtiene mayor rendimiento en peso de raíz con 20 g de diferencia con respecto a otras fuentes. Por lo tanto fue de mayor tamaño lo mismo pudo pasar con este experimento que al aplicar 1 g/L de sulfato de potasio incrementó el tamaño del pedúnculo.

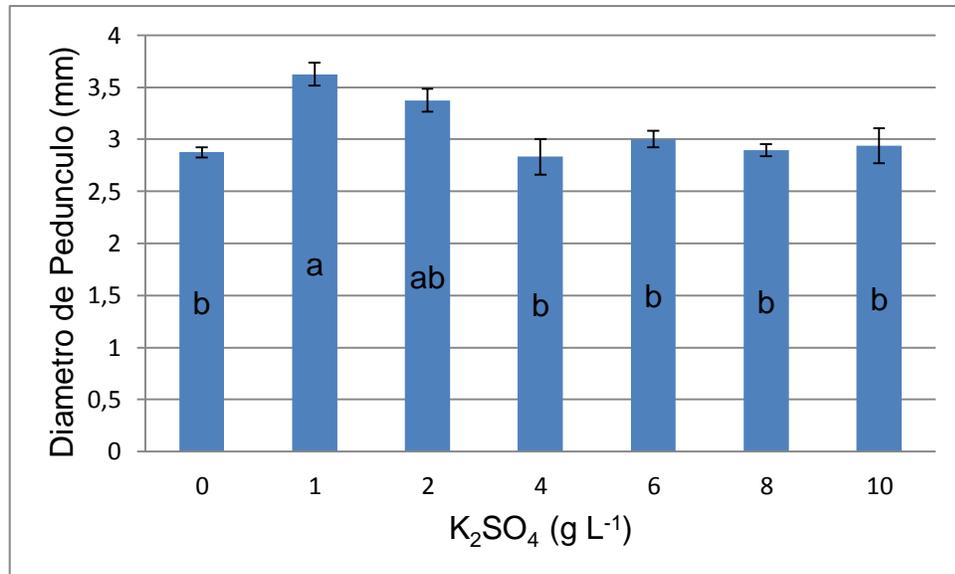


Figura 11. Respuesta al Diámetro del Pedúnculo de Fresa cultivar “Albión”, a la aplicación foliar de Sulfato de Potasio en 1, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L con un testigo “agua”. Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba LSD al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Una correlación lineal entre el diámetro del Pedúnculo y la Firmeza resultó muy interesante ya que la firmeza disminuye en cuanto el diámetro del pedúnculo va aumentando.

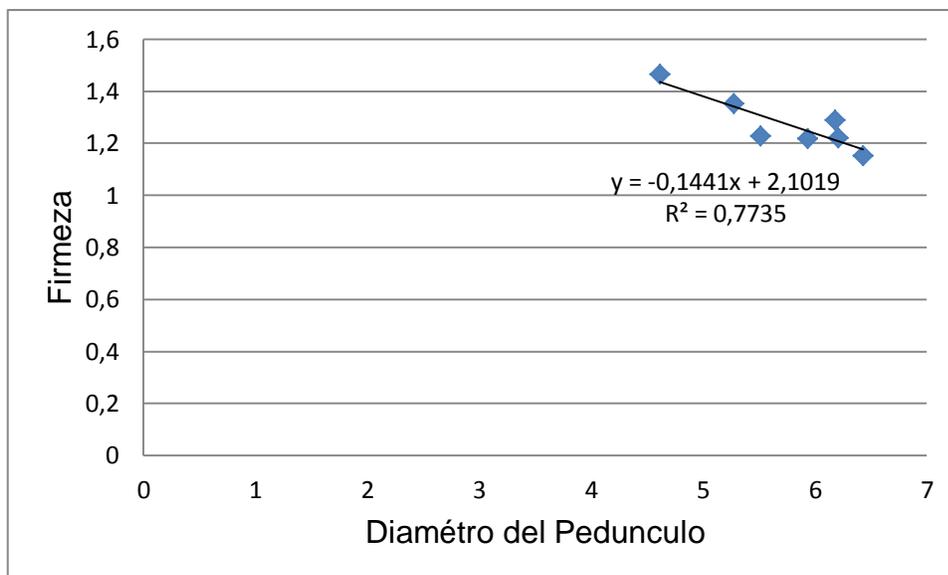


Figura 12. Relación de la Firmeza con el Diámetro del Pedúnculo.

La relación entre el Diámetro del Pedúnculo y la Firmeza nos muestra que entre mayor es el diámetro del pedúnculo la firmeza del fruto fue menor.

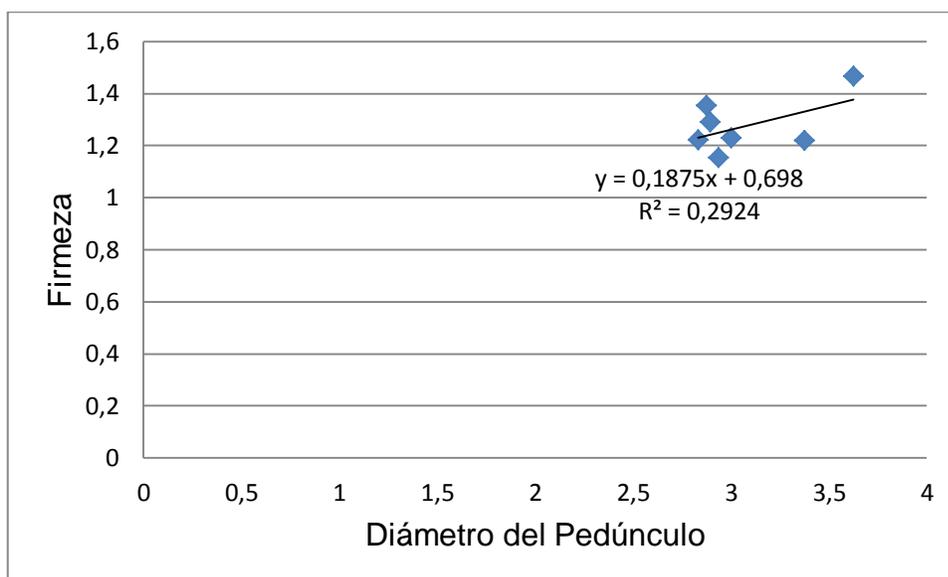


Figura 13. Relación entre el Diámetro del Pedúnculo con la Firmeza.

CONCLUSIÓN

La aplicación foliar de sulfato de potasio, causo un efecto positivo numéricamente en los sólidos solubles totales en el fruto y en la planta en el diámetro del pedúnculo; mientras que en la longitud de pedúnculo, peso del fruto, firmeza, diámetro ecuatorial y diámetro polar del fruto, no se encontró efecto alguno.

LITERATURA CITADA

Abad Berjón M, Noguera-Murray P, Carrión-Benedito C. 2044. Los sustratos en los cultivos sin Suelo. En: Urrestarazas-Gavilán. Cultivo sin Suelo. Madrid: Mundi Prensa, 113-158.

Adams P., J.N. Davies y G.W. Windsor. 1978. Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *J. Hort Sci* 53, 115-122.

Alcántar, G.G.; Trejo, T.L.I. 2007. Nutrición de Cultivos. Mundi-Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 438 p.

Alpert, P.1991. Nitrogen-sharing among ramets increases clonal growth in *Fragaria chiloensis*. *Ecology*, 72: 69-80.

Alpert, P.1996. Nutrient sharing in natural clonal fragments of *Fragaria chiloensis*. *Journal of Ecology* 84:395-406.

Anónimo 2010a. Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) <http://www.faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.

Anónimo 2010b. Sistema de de Información Agroalimentaria de consulta (SIACON), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426.

Arnon, D.I.; Stout, P.R. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol.* 14: 371-375.

Barker, A.V.; Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA.

Berger, K.C. 1962. Micronutrient deficiencies in the US. *Agricultural Food Chemistry* 10: 178-181.

Bianchi, P.G.1986. Guía completa del Cultivo de Fresas. 1a ed. Editorial de Vecchi, España. 57 p.

Boyce, B.R.; Matlock, D.L. 1966. Strawberry nutrition. In: Childers, N.F. (ed) Nutrition of Fruit Crops. Horticultural Publication. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey. Pp. 528-548.

Burés S. Sustratos. 1997. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 342.

Dale, A.; Luby, J.J. 1991. The Strawberry Into the 21st Century. Proceedings of the Third North American Strawberry Conference. Houston, Texas. 14-16 February 1990. Timber Press. Portland, Oregon. 152 p.

Dana, M.N. 1980. The Strawberry plant and its environment , p. 32-44, In: N.F. Childers, (ed). The Strawberry. Horticultural Publications, Gainesville, Fla.

Darrow, G.M. 1966. The Strawberry. History, Breeding and Physiology. Holt, Rinchart and Winston, New York.

Eaves, C.A.; J.S. Leefe. 1962. Note on the influence of foliar sprays of calcium on the firmness of strawberries. Can. J. Plant Sci. 42: 746-747.

Fageria N. K y Baligar V. C. 1999. Yield and components of lovuland rice influenced by timing of nitronen fertilización. J. trop nutr. 15: 1-18.

Fernández E.J., Martínez E.J., Castillo J.E., López F. J., 1996. Optimización de la calidad del melón Rochet. Hortoinformción 80, 34-37.

Fernández E.J., Palomar S., Puertas M., 1998. Ensayo de fertilización AMECSystem en calabacín. Horticultura XVII, 61-64.

Godoy 1971. Concentración critica de potasio en durazneros (*Prunus pérsica*). Tesis Universidad de Chile.

Gutiérrez C.M.A. 1995. Potasio y Calcio Aplicado al Suelo y su Influencia en la Productividad y calidad de Hortalizas. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Son. 115 p.

Hancock, J.F. 1999. Strawberries. CAB International Publishing. New York, USA. 237 p.

Hancock, J.F. Scott, D.H.; Lawrence F.J. 1996. Strawberries. In J. Janick and J.N moore [eds.], Fruit breeding, vol. II, Vine and small fruits , 419-470. Wiley, New York, New York, USA.

Harmer, P.M.; Benne, E.J. 1945. Sodium as a crop nutrient. *Soil Sci.* 60: 137-148.

Hawkesford, M., w. Horst, t. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager Moller, and P. White. 2012. Function of macronutrients. P. 135-178. In Marschner, P. (ed.) Marschnera mineral nutrition. 3^{ra} ed. Elsevier Ltd., Oxford, UK.

Ho, L.C. y P. Adams 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta hort*, 396: 33-44.

John, M.K.; Daubeny, H.A.; Mcelrow, E.D. 1975. Influence of sampling time on elemental composition of strawberry leaves and petioles. *Journal og the American Society for Horticultural Science.* 100, 513-517.

Johnston, M.; Grof, C.P.L.; Brownell, P.F. 1984. Responses to ambient CO2 concetration by sodium-deficient C4 plants. *Aus. J. Plant Physiol.* 11: 137-141.

Jones, J.B. JR. 2003. Agronomic Handbook. Management of Crops, Soils, and Their Fertility. CRC Press. Boca Raton. FLA. 450 p.

Jurik, T.W.; Chabot, J.F.; Chabot, B.F. 1982. Effects of lighth and nutrients on leaf sixe, CO2 eschange, and anatomy in wild strawberry (*Fragaria vriginiana*). *Plant Physiology.* 70: 1044-1048.

Kamf An, Jun Yakane R, Vital de Siqueira, PT. 2006. Floricultura, Técnicas de preparo de substratos. Brasilia: LK editora, 132.

King, T.H.; Triet, M.; Baskin, A.D. 1950. Sprays to control chlorosis in flax and strawberries grown on alkaline soli in Minnesota. *Phytopathology* 40: 14-15.

Kirsch, K. 1959. The importance of interaction effects in fertilizer and lime studies with strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73: 181-188.

Kobáks, K. Pólgar 1986. Density Measurements on Linbo Crystals confirming Nb Substitution For Li.

Louis M. Thompson, Frederick R. Troeh. 1998. *Los Suelos y su Fertilidad.* R. 661p.

Maas, J.L. (ed). 1998. *Compendium of Strawberry Diseases.* Amer. Phytopath. Soc. St. Paul. Minnesota, USA. 138 p.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* 2nd Ed. Academic Press Inc. San Diego, CA. 889 p.

May, G.; Pritts, M. 1990. Strawberry nutrition. *Adv. Strawberry Prod.* 9: 10-23.

May; G.; Pritts, M. 1994. Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *Journal of Plant Nutrition* 17: 1149-1162.

Mitchell, F. G.; Mitcham, E.; Thompson, J,F.; Welch, N. 1996. Handling strawberries for fresf market. Oakland, CA: Univ. Calif. Agr. Nat. Resorces, Special Publ. 2442, 14 p.

Navarro, G, G; Navarro S, B; 2003. *Química Agrícola.* Ediciones Mundi-Prensa, México, D.F. 487 p.

Parra, A., y Hernández, J. 1997. *Fisiología post cosecha de frutas y hortalizas.* Universidad Nacional de Colombia. 63 pp.

Prange, R.; Dell, J. 1997. Preharvest factors affecting postharvest quality of berry crops. *HotScience* 32 (5): 824-829.

Pritts, M.P. 1998. Strawberry nutrition and nutrient deficiencies. In: Mass, J.L. (ed). Compendium of strawberry Diseases. APS Press, St Paul, Minnesota, 98 p.

Ramírez S.L.F., Muro E.J., y Días S.F.R. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de potasio en parámetros de calidad en jitomate hidropónico. Acta universitaria, 21 (1): 5-10.

Renquist, A.R.; Hughes, H.G. 1985. Strawberry cultivar evaluation in Colorado: 1982-1984. Adv. Strawberry Prod. 4: 53-55.

Rodríguez, S.F. 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. Edición primera. D.F., México. 157 p.

Roorda van Eysinga, J.P.N.L. 1966. Bemesting van tomaten met kali. Versl Landbouwkundig Onderzoek 667, 37 p.

Ruef, J.V.; Richey, H.W. 1925. A study of flower bud formation in the Dunlap strawberry. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 22: 252-260.

Ruíz, C.J.F. 2014. Producción y Compuestos Metabólicos en Cultivo de Brócoli (*Brassica Oleracea* var. *Itálica*) Cultivado con Diferentes Fuentes de Potasio. Tesis de Licenciatura. Departamento de Horticultura. UAAAN.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2010). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/>.

Stadelbacker, G.J. 1963. Why so much variation in strawberry fertilizer recommendations and practices. In: Smith, C.R. and Childers, N.F. (eds). The Strawberry. Rutgers State University, New Brunswick, New Jersey.

Staudt G. 2008. Strawberry Biogeography, Genetics and Systematics. Acta Horticulure 842 (1): 71- 83.

Swietlik, D. 2003. Plant Nutrition. Pp. 251-257. En: Baugher , T.A. y S. Singha (eds.). Concise encyclopedia of temperate tree fruit. Food Product Press, Nueva York. 387 p.

Tagliavini, M.; Zavalloni, C.; Rombola, A.D.; Quartieri, M.; Malaguti, D.; Mazzanti, F.; Millard, P.; Marangoni, B. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Hort. 512 (2): 131-140.

Tamhane, R.V., 1964. "Ravine reclamation-an ambitious Project." Indian Farming 14 (9): 13.

Taveria, A. 2005. Fibra de coco: Una nueva alternativa para la formación de plantas. Revista Brasileira de Reproducción de Plantas 28 (5): 275-277.

Ulrich, A.; Mostafa, M.; Allen, W. 1980. Strawberry Deficiency Symptoms: a Visual and plant Analysis Guide to Fertilization, University of California Agricultural Science Publication. 4098.

Voth, V.; Urin, K.; Bringham, R.S. 1967. Effect of high nitrogen applications on yield, earliness, fruit quality and leaf composition of California strawberries. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 91, 249-256.

Winsor, G.W., J.N. Davies J.H.L. Messing. 1958. Studies on potash/nitrogen ratio in nutrient solutions, using trickle irrigation equipment. Rep Glasshouse Crops Res Inst 1957, 91-98.

Winsor, G. W. y M.I.E. Long. 1967. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium and lime in factorial combination on ripening disorders of glasshouse tomatoes. J. Hort Sci 42, 391-402.

Yael Vento Oliva. 2011. Instructivo técnico para el cultivo de la fresa, primera edición Pp. 7-9.

Zurawicz, E.; Stushnoff, C. 1977. Influence of nutrition on cold tolerance of Redcoat strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 342-346.

