

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Diferentes Fuentes de Fertilización en Cultivo de Fresa (*Fragaria x annanassa*) Bajo Invernadero

Por:

RAÚL EDUARDO GARCÍA CORONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Diferentes Fuentes de Fertilización en Cultivo de Fresa (*Fragaria*
x annanassa) Bajo Invernadero

Por:

RAÚL EDUARDO GARCÍA CORONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobación

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Asesor Principal

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2013

DEDICATORIAS

A mis padres:

Raúl García Matías y Rosa María Corona Figueroa por ser los pilares fundadores de mis principios, gracias a ellos hoy me formo un carácter y destino.

A mis hermanos:

Valentín, María Monserrath, Carlos, Miguel Martín, Rosa Angélica y José de Jesús por el gran cariño incondicional, el apoyo emocional y la enorme confianza demostrada ante mí a lo largo de mi formación, de corazón muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater por forjar ideales de trabajo y formas de ingenio capaces de mejorar cualquier estructura social y laboral.

Al Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente por la confianza depositada en mi para realizar este trabajo de investigación y por toda la enseñanza que me dio dentro y fuera del salón así como al compartir sus experiencias hacia conmigo.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera por compartir sus conocimientos y experiencias personales; las cuales fueron muy importantes para mi formación profesional.

A mis coasesores; el Dr. Alberto Sandoval Rangel y la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal; por el tiempo invertido en la revisión de este documento.

A la empresa Tradecorp por el apoyo económico en la elaboración de este trabajo.

A la señorita Alejandra Guillen por su apoyo incondicional en el vínculo con la empresa Tradecorp.

A mis amigos Filiberto Santiago Orta, Gabriel Rueda López, Florencia Hernández Hernández, Fredy González Hernández y Alejandra Serret Espinoza por hacerme el honor de acompañarme en cada una de mis etapas de formación dentro de esta hermosa institución, por todo el apoyo de amistad y sobre todo de hermandad mostrados hacia mi persona en estos años de estudio.

Al maestro Josué Peña Contreras; por todas las experiencias compartidas hacia mi persona y por ser parte importante en la revisión ortográfica de este documento, así como por su entera amistad y confianza demostrada incondicionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Página
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	
2.1. Origen e historia del cultivo.....	3
2.2. Características botánicas.....	3
2.3. Aspectos térmicos, hídricos y edafológicos.....	3
2.4. Producción nacional.....	4
2.4.1. Principales estados productores de fresa en México.....	4
2.4.2. Producción de fresa en México.....	4
2.5. Variedades de fresa.....	4
2.6. Variedades cultivadas en México.....	5
2.7. Problemáticas en el cultivo de la fresa.....	5
2.8. Consideraciones nutricionales para el cultivo de fresa.....	6
2.9. Definición de quelatos.....	6
2.10. Descripción de los quelatos.....	7
2.11. Usos de los quelatos.....	7
2.12. Fertilización foliar.....	7
2.13. Importancia de los microelementos.....	8
2.14. Efectos sobre el crecimiento vegetal.....	8
2.14.1. Hierro (Fe).....	8

2.14.1.1. El Fe en la planta.....	8
2.14.1.2. Formas de absorción del Fe por las plantas....	8
2.14.1.3. Funciones metabólicas del Fe en las plantas...	8
2.14.1.4. Deficiencia del Fe en las plantas.....	9
2.14.1.5. Exceso del Fe en las plantas.....	9
2.14.1.6. Sinergismo y antagonismo del Fe.....	9
2.14.2. Manganeso (Mn).....	10
2.14.2.1. El Mn en la planta.....	10
2.14.2.2. Formas de absorción de Mn por las plantas...	10
2.14.2.3. Funciones metabólicas del Mn en las plantas	10
2.14.2.4. Deficiencia del Mn en las plantas.....	10
2.14.2.5. Exceso del Mn en las plantas.....	11
2.14.2.6. Sinergismo y antagonismo del Mn.....	11
2.14.3. Zinc (Zn).....	11
2.14.3.1. El Zn en la planta.....	11
2.14.3.2. Formas de absorción de Zn por las plantas...	11
2.14.3.3. Funciones metabólicas del Zn en las plantas.	12
2.14.3.4. Deficiencia del Zn en las plantas.....	12
2.14.3.5. Exceso del Zn en las plantas.....	12
2.13.3.6. Sinergismo y antagonismo del Zn.....	13
2.14.4. Cobre (Cu).....	13
2.14.4.1. El Cu en la planta.....	13
2.14.4.2. Formas de absorción de Cu por las plantas...	14
2.14.4.3. Funciones metabólicas del Cu en las plantas	14
2.14.4.4. Deficiencia del Cu en las plantas.....	14
2.14.4.5. Exceso del Cu en las plantas.....	15
2.14.4.6. Sinergismo y antagonismo del Cu.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación del experimento.....	16
3.2. Material vegetal.....	16
3.2.1. Características de la variedad utilizada.....	16
3.3. Material de laboratorio.....	16
3.4. Descripción del trabajo experimental.....	17
3.4.1. Adquisición del material vegetal.....	17

3.4.2. Preparación y desinfección de las coronas.....	17
3.4.3. Preparación del terreno y plantación de las coronas.....	17
3.4.4. Preparación de los tubos.....	18
3.4.5. Riego.....	18
3.4.6. Nutrición.....	18
3.4.7. Plagas y enfermedades.....	19
3.5. Tratamientos en estudio.....	20
3.6. Variables evaluadas.....	20
3.6.1. Número de hojas, flores y frutos.....	20
3.6.2. Peso de los frutos.....	20
3.6.3. Diámetro polar y ecuatorial de los frutos.....	21
3.6.4. Grados brix de los frutos.....	21
3.6.5. pH de los frutos.....	21
3.6.6. Peso seco de raíces, hojas y coronas.....	21
3.7. Diseño experimental.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	23
4.1. Variables evaluadas.....	23
4.1.1. Número de hojas.....	23
4.1.2. Número de flores.....	24
4.1.3. Número de frutos.....	25
4.1.4. Peso de los frutos.....	26
4.1.5. Diámetro polar de los frutos.....	27
4.1.6. Diámetro ecuatorial de los frutos.....	28
4.1.7. Grados brix de los frutos.....	29
4.1.8. pH de los frutos.....	30
4.1.9. Peso seco de raíces.....	31
4.1.10. Peso seco de hojas.....	32
4.1.11. Peso seco de coronas.....	33
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	35
VII. APÉNDICE.....	4

APÉNDICE

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Unidades de elementos nutritivos aplicados durante el desarrollo del cultivo de fresa.....	19
Cuadro 2. Tratamientos estudiados.....	20
Cuadro 1 A. Análisis de varianza para número de hojas.....	43
Cuadro 2 A. Análisis de varianza para número de flores.....	43
Cuadro 3 A. Análisis de varianza para número de frutos.....	43
Cuadro 4 A. Análisis de varianza para peso de frutos.....	43
Cuadro 5 A. Análisis de varianza para diámetro polar de frutos.....	44
Cuadro 6 A. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de frutos.....	44
Cuadro 7 A. Análisis de varianza para grados brix de frutos.....	44
Cuadro 8 A. Análisis de varianza para pH de frutos.....	44
Cuadro 9 A. Análisis de varianza para peso seco de raíces.....	45
Cuadro 10 A. Análisis de varianza para peso seco de hojas.....	45
Cuadro 11 A. Análisis de varianza para peso seco de coronas.....	45
Cuadro 12 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de hojas.....	46
Cuadro 13 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de flores.....	46
Cuadro 14 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de frutos.....	46
Cuadro 15 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso de los frutos.....	47

Cuadro 16 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; diámetro polar de los frutos.....	47
Cuadro 17 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; diámetro ecuatorial de los frutos.....	47
Cuadro 18 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; grados brix de los frutos.....	48
Cuadro 19 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; ph de los frutos.....	48
Cuadro 20 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de raíces.....	49
Cuadro 21 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de hojas.....	49
Cuadro 22 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de coronas.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de hojas.....	23
Figura 2. Número de flores.....	24
Figura 3. Número de frutos.....	25
Figura 4. Peso de los frutos.....	26
Figura 5. Diámetro polar de los frutos.....	27
Figura 6. Diámetro ecuatorial de los frutos.....	28
Figura 7. Grados brix de los frutos.....	29
Figura 8. pH de los frutos.....	30
Figura 9. Peso seco de raíces.....	31
Figura 10. Peso seco de hojas.....	32
Figura 11. Peso seco de coronas.....	33

RESUMEN

La importancia que juegan los micronutrientes en el cultivo de la fresa es de gran relevancia debido a que son fundamentales para la absorción de los macronutrientes necesarios en el crecimiento vegetativo y generativo de las plantas de esta manera se hace eficiente su absorción. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento del cultivo de fresa en condiciones de invernadero en respuesta a diferentes fuentes de fertilización quelatada, basándose en la necesidad básica que tienen las plantas de nutrición con elementos menores.

El experimento se realizó en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila; en un invernadero tipo Baticenital de nivel tecnológico medio. En este estudio se estableció una parcela experimental en la que se utilizaron como material vegetal coronas de la variedad festival provenientes de la empresa Fres S.P.R de R.L de C.V.

Las variables evaluadas fueron: Número de hojas, número de flores, número de frutos, peso de frutos, diámetro polar y ecuatorial de los frutos, grados brix, pH, peso seco de raíz, hojas y coronas. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico mediante el programa computacional SAS versión 2009 y a fin de identificar las diferencias estadísticas se hizo uso de la prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$), obteniéndose como resultado que los tratamientos con quelatos resultaron ser efectivos en las diferentes variables, demostrándose que el quelato manganeso fue sobresaliente en la mayor parte de las evaluaciones efectuadas en este experimento y con ello se puede considerar que el cultivo de fresa requiere en proporciones considerables este microelemento; sin descuidar los demás elementos evaluados para obtener una mejor producción y productividad al hacerlos necesarios en todas sus actividades fisiológicas.

Palabras claves: quelatos, micronutriente, fresa

I. INTRODUCCIÓN

La fresa se cultiva en más de 60 países del mundo; el principal productor es Estados Unidos, le sigue Rusia; México ocupa el noveno lugar y en la lista de exportadores quien la encabeza es España. En México la fresa ocupa solamente el 1 % de la producción dedicada a la agricultura, considerándose muy importante debido a que genera divisas (Santoyo, 2009), observándose de igual forma una clara tendencia sobre un desarrollo acelerado de la agricultura protegida y aparentemente, esta industria ha incrementado drásticamente en extensión, según la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC, 2009).

La eficiencia de la fertilización foliar en relación a la absorción de nutrientes, es superior a la fertilización al suelo y permite la aplicación de cualquiera de los nutrientes que las plantas necesitan para lograr un óptimo rendimiento (Venegas, 2007). Una nutrición con microelementos es importante, ya que estos minerales son componentes necesarios de proteínas, enzimas y factores de transcripción que mantienen una amplia variedad de procesos bioquímicos en las células y los tejidos, (James, 2011). En la actualidad se recomienda el uso exclusivo de los quelatos solubles para la aplicación de los nutrientes metálicos en fertirrigación (Gárate, 2008). Existen productos para corregir las carencias a los cuales se le conocen como quelatos (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.), su acción consiste en que la molécula orgánica rodea y se entrelaza por varios puntos a un metal de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación (González, 2007).

En la actualidad, los quelatos atraen poderosamente la atención debido a que son una excelente alternativa para adicionar metales de manera edáfica y foliar a las plantas (Perea, *et al.*, 2010).

1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes fuentes de fertilizantes quelatados en la productividad y producción del cultivo de la fresa en condiciones controladas.

1.2. Objetivos específicos

Analizar parámetros físico - químicos en frutos de fresa.

Identificar factores de productividad que influyen en la producción de fresa.

Identificar un agente quelante que presente resultados positivos en producción y calidad.

1.3. Hipótesis

El cultivo de la fresa mostrará un comportamiento heterogéneo en cuanto a productividad, producción y calidad con la aplicación de quelatos inorgánicos.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Origen e historia del cultivo

En el siglo XV solo se conocía el fresal silvestre, que vegetando espontáneamente en los montes de Europa ofrecía un fruto de extraordinaria pequeñez que a pocos interesaba, perdiéndose en los bosques, sin utilidad alguna, con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño, una en Chile, *Fragaria chiloensis* y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño, se les llamó fresones; fueron llevadas a Europa e hibridizadas. En México el cultivo de la fresa comenzó a mediados del siglo pasado; en 1950 se inició la exportación a Estados Unidos (Santoyo, 2009).

2.2. Características botánicas

La fresa es una planta herbácea y perenne, con tallo muy corto, con yemas y hojas axilares, la corona es alargada con entrenudos (Herrera, 2009).

Es una planta de tallos rastreros, nudosos y con estolones; hojas grandes, trifoliadas, pecioladas y blancas por el envés. El fruto es de forma cónica a casi redonda, de color rojo brillante o rojo anaranjado (Santoyo, 2009). Es en realidad un falso fruto, producto de engrosamiento del receptáculo floral; sobre ese falso fruto se encuentran gran cantidad de semillas pequeñas, que son frutos verdaderos llamados aquenios. La fresa es una planta cuya fisiología es altamente sensible al medio ambiente (Herrera, 2009).

2.3. Aspectos térmicos, hídricos y edafológicos

Las variedades de fresa se clasifican en variedades de día corto que forman sus brotes en invierno cuando las temperaturas bajan, florecen en primavera; y las variedades de día neutral que son insensibles a la longitud del día y produce fruta en la temporada en que las temperaturas bajan de noche a los 15.5 °C (Santoyo, 2009).

El cultivo se realiza con temperaturas medias de 18 °C, precipitaciones en torno a los 500 mm, práctica inexistencia de heladas, insolación aproximada a las 3.000 horas de sol y se cultiva principalmente en suelos arenosos con abundante riqueza orgánica (Márquez y Domínguez, 2008).

Este cultivo es muy sensible a la mala calidad de las aguas de riego lo que hace que muestre una apreciable disminución en la cosecha con el incremento de la salinidad en el agua. Concentraciones de sales en las aguas de riego del orden de 0.8 a 1 miliSiemens (mS/cm) parecen óptimas (López y Medina, 2008).

2.4. Producción nacional

2.4.1. Principales estados productores de fresa en México

Los principales productores y exportadores de fresa en México son Michoacán con 3,153 hectáreas establecidas, Baja California con 1,386 ha y Guanajuato con 1,043 hectáreas, los rendimientos que se obtienen por hectárea oscilan entre 20 y 35 toneladas (Herrera, 2009).

2.4.2. Producción de fresa en México

En 2010 el cultivo de fresa para fruta; cíclico y perenne en la modalidad de riego y temporal; registro una superficie sembrada de 6,555.41 ha, una superficie cosechada de 6,281.91 ha, una producción de 226,657.28 ton, un rendimiento promedio de 36.08 ton por ha y un precio de 9,276 pesos Ton (SIAP, 2012).

2.5. Variedades de fresa

Las variedades de fresa se clasifican en dos grupos; en variedades de día corto y en variedades de día neutral, siendo Douglas, Oso Grande, Camarosa variedades de día corto y por el lado de las variedades de día neutral; Selva, Brighton, Fernn y Sweet Charly (Ingeniería Agrícola, 2008).

2.6. Variedades cultivadas en México

En México se cultivan diferentes variedades, cada una con características específicas. Las variedades utilizadas en México han sido desarrolladas por la Universidad de California USA y Universidad de Florida USA. Entre las variedades más utilizadas en México se encuentran la Festival, Sweet Charlie, Galexia, Camino Real, Albión, Camarosa, Aromas, Ventana y Diamante, que mediante varios ciclos han demostrado su eficiencia en campo (Unión Agrícola Regional de Productores de Fresa y Hortalizas del Valle de Zamora, 2009).

2.7. Problemáticas en el cultivo de la fresa

Los productores agrícolas enfrentan limitantes por bajos niveles de capitalización de sus sistemas productivos, insuficiente acceso a servicios financieros en el medio rural, deterioro de los recursos naturales para la producción primaria, reducidos márgenes de operación, bajas capacidades para la inserción sostenible de sus productos en los mercados, dificultad de reincorporarse a sus actividades productivas ante la ocurrencia de contingencias climatológicas, e insuficiente profesionalización de las organizaciones sociales y económicas. Esto tiene como efecto inmediato, bajos niveles de ingreso de los productores, que en muchos casos se transforma en altos índices de pobreza (Unión Agrícola Regional de Productores de Fresa y Hortalizas del Valle de Zamora, 2009).

El incremento de los cultivos con altos rendimientos y con mejor calidad resulta en un incremento en la demanda de microelementos. Estos cultivares con métodos intensivos de siembra se ha encontrado que remueven grandes cantidades de micronutrientes del suelo, conduciendo a deficiencias en muchos suelos (Eyal, 2008).

Existen gran cantidad de insectos que se alimentan de las plantas de fresas y que amenazan los rendimientos. Un programa de monitoreo de plagas puede ayudar a los productores a determinar tanto la presión de plagas como la presencia de insectos benéficos (Guerena y Holly 2007).

2.8. Consideraciones nutricionales para el cultivo de fresa

Los nutrientes constituyen la materia prima básica para cualquier actividad en el interior de las plantas, y para todas sus funciones y procesos durante la vida de las plantas (Yáñez, 2002).

Para el cultivo de la fresa es necesario ajustar una fórmula de fertilización de acuerdo a la composición química del agua. El pH óptimo en la solución a la salida del gotero se ajusta a 5.8 pudiendo variar de 5.3 a 6.3 y la CE de 1.2 a 1.5. Martínez y Leo en 2004 señalan que al llevar a cabo el programa de fertilización se debe reducir el contenido de nitrógeno y aumentar el fósforo en las primeras semanas de la plantación para fortalecer el sistema radicular así mismo incrementar el potasio durante fructificación para mejorar el sabor y la vida de anaquel.

Usualmente los nutrientes disponibles en los cultivos son inadecuados para obtener un óptimo desarrollo de la planta y algunos de ellos afectan de manera específica el desarrollo, lo cual incide de modo directo en la producción del cultivo; tal es el caso del calcio y el zinc cuya deficiencia afecta los frutos. En la fresa, los genotipos difieren en su capacidad para usar los nutrientes, lo cual repercute en la producción, captación y uso (Carvajal de Pabón, *et al.*, 2012).

2.9. Definición de quelatos

Un quelato es una molécula en la que un ion metálico (Fe, Cu, Zn, Mn, etc.) se une mediante varios enlaces a una molécula orgánica (agente quelante), de manera que el ion quelado cambia sus propiedades y, normalmente, aumenta su estabilidad en disolución. En la naturaleza se encuentra un amplio rango de ligandos, los que satisfacen diversas necesidades de vías metabólicas y controlan el almacenamiento, la liberación y la detoxificación de elementos en las células (Wozniak y Martineau, 2007).

Los quelatos son moléculas muy estables. En la actualidad se reconocen seis quelatos que pueden ser utilizados en la agricultura EDTA, DTPA, HEDTA o HEEDTA, EDDHA, EDDHMA, EDDHCA (González, 2007).

2.10. Descripción de los quelatos

Los quelatos sintéticos más utilizados son los derivados Poliaminocarboxílicos; el EDTA (Ácido etilén-diamino-tetraacetato) es el agente quelante más conocido, si bien hay otros con los que se obtienen mejores resultados en agricultura, como el EDDHA (Ácido etilén-diamino-di-ortohidroxifenilacético), que forma con el Fe un quelato más estable que EDTA (Gárate y Bonilla, 2008).

Los quelatos tipo EDTA sufren descomposición al reaccionar con los sustratos según su reacción química ya que depende del pH, presencia del calcio en los materiales y otros materiales competitivos (González, 2007).

2.11. Usos de los quelatos

El uso de quelatos es la forma más eficaz de corregir la clorosis, esto por su especial forma de acción, diferente al del resto de los fertilizantes, mientras que en cualquier fertilizante el principio activo es el propio elemento a aportar; en los quelatos el agente quelante que lo acompaña es el responsable principal de incrementar la solubilización, transportarlo hacia la raíz de la planta, ceder el elemento y volver a solubilizar (Lucena, 2007).

2.12. Fertilización foliar

La fertilización foliar consiste en la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas para corregir deficiencias específicas de nutrientes en el mismo período de desarrollo del cultivo o bien con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo (Venegas, 2007).

Se puede recurrir a la aplicación foliar de nutrientes en algunas de las siguientes situaciones: 1) cuando es necesario un efecto muy rápido de los nutrientes; 2) cuando hay limitaciones radiculares y en el suelo para la absorción de nutrientes, y 3) cuando las cantidades son tan pequeñas que se pueden aplicar eficientemente vía foliar (Perea, *et al.*, 2010).

2.13. Importancia de los microelementos

Los elementos Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, B, y Cl, se encuentran y se requieren en cantidades menores, pero no son menos importantes en la nutrición y fisiología de los cultivos, ya que algunos participan en las funciones vitales de las plantas (Yáñez, 2002).

Los microelementos en la nutrición de la planta no deben ser descuidados aunque sean necesarios en cantidades menores. Esto fue comprendido, en 1840, por el químico alemán Justus Von Liebig, quien hizo una principal contribución a la ciencia de la agricultura y a la química biológica la cual describe el efecto individual de los nutrientes en los cultivos (Eyal, 2008).

2.14. Efectos sobre el crecimiento vegetal

2.14.1 Hierro (Fe)

2.14.1.1 El Fe en la planta

Es uno de los nutrientes vegetales que más problemas presenta en cuanto a la nutrición de los cultivos debido a la capacidad que tienen estos para transportar el ion (Juárez, 2004).

2.14.1.2. Formas de absorción de Fe por las plantas

La planta lo absorbe de forma activa como Fe^{2+} después de ser reducido el Fe^{3+} por una reductasa férrica en el exterior de la planta (Cristóbal, 2009).

2.14.1.3. Funciones metabólicas del Fe en las plantas

En la planta es un componente de sustancias de oxidación – reducción de respiración y fotosíntesis (Cerveñansky, 2011), actúa como catalizador como portador de oxígeno y en numerosos sistemas enzimáticos, especialmente respiratorios (Cristóbal, 2009). Promueve la formación de clorofila, mecanismo enzimático que opera en el sistema respiratorio celular, reacciones que involucran la división y crecimiento celular (Eyal, 2008).

2.14.1.4. Deficiencia del Fe en las plantas

El Hierro tiene baja movilidad en los tejidos vegetales. Esta baja movilidad está influida negativamente por varios factores, como el elevado contenido en P, deficiencia de K, cantidad elevada de Mn y baja intensidad lumínica (Agro.es, 2012).

Debido a que el hierro no se trasloca tan fácilmente dentro de la planta; los síntomas aparecen en las hojas jóvenes como clorosis intervenal y el crecimiento se retarda (Cristóbal, 2009).

La deficiencia limita el desarrollo de la planta y en casos severos causa la muerte de la misma (Lara, *et al.*, 2004).

2.14.1.5. Exceso del Fe en las plantas

De los dos estados de oxidación que presenta el Fe, es el ion ferroso el que puede causar esta sintomatología, en condiciones aeróbicas es muy extraño que se produzca una acumulación de Fe II en el suelo, sin embargo, en condiciones anaeróbicas, el Fe III se reduce a Fe II considerándose esta la especie más abundante e incrementándose la solubilidad de fe en el suelo, por lo que la toxicidad de hierro no se conoce en condiciones normales de cultivos, sin embargo en los arrozales esta situación es muy común dicha toxicidad se denomina bronzing y se inicia con pequeños puntos rojizos a marrones sobre la base de las hojas que acaba propagándose a toda la hoja que pardea por lo que la toxicidad del Fe II puede ser un aspecto nutricional importante que se debe controlar (Juárez, 2004).

2.14.1.6. Sinergismo y antagonismo del Fe

Las deficiencias de hierro se produce por desbalance iónico, especialmente exceso de cobre y /o manganeso que interfieren en su absorción (Cristóbal, 2009).

2.14.2. Manganeso (Mn)

2.14.2.1. El Mn en la planta

Las hojas verdes se benefician rápidamente de las aplicaciones de Mn pero las encrespadas no se pondrán verdes de nuevo, ellas deben ser reemplazadas con nuevas hojas verdes y saludables. Aun cuando las nuevas hojas verdes comiencen a emerger, existirán espacios vacíos que estarían ocupados por las hojas muertas (Garófalo y Fehrman, 2003).

2.14.2.2. Formas de absorción de Mn por las plantas

El Mn está presente en las plantas principalmente en forma divalente Mn (II). Esta forma de Mn se combina rápidamente con ligandos orgánicos, en los cuales puede ser rápidamente oxidado a Mn (III) y Mn (IV) (Kirkby y Volker 2007).

2.14.2.3. Funciones metabólicas del Mn en las plantas

Participación en procesos de fotosíntesis y reducción de NO_3^- ; reacciones de oxidación - reducción (Cerveñansky, 2011).

Predominante en el metabolismo de ácidos orgánicos, activa la reducción del nitrato y la hidroxilamina a amonio, rol en importantes enzimas involucradas en la respiración y síntesis de enzimas, activador de reacciones enzimáticas como las de óxido/reducción, hidrólisis, influencia directa en la conversión de la luz solar en el cloroplasto (Eyal, 2008).

2.14.2.4. Deficiencia del Mn en las plantas

Se manifiesta en las hojas por la aparición de áreas de color verde más claro en la zona del limbo comprendida entre las nerviaciones, mientras que el nervio central y los secundarios aparecen bordeados por franjas de color verde oscuro de anchura variable. Aparecer manchas amarillentas distribuidas en las áreas intervenales de menor coloración, puede producirse una reducción del crecimiento de los brotes y la muerte de ramillas (Legaz, *et al.*, 2011).

2.14.2.5. Exceso del Mn en las plantas

Los síntomas de toxicidad por Mn incluyen clorosis marginal y necrosis de hojas y raíces café oscuras, sólo después de que el follaje ha sido afectado. El exceso de Mn interfiere con las enzimas, disminuye la respiración y está relacionado con la destrucción de auxinas, oscurecimiento de venas de la hoja por acumulación de cristales oscuros de MnO₂ insoluble en los tejidos dentro o junto a las venas, o en ambos lados de la hoja (Casierra y Poveda, 2005).

La toxicidad del manganeso puede ser un importante factor limitante de la productividad agrícola, especialmente en zonas tropicales y se centra específicamente en los cloroplastos, causando síndromes similares a los de la fotoinhibición (Barceló, *et al.*, 2009).

2.14.2.6. Sinergismo y antagonismo del Mn

El Fe y el Mn están interrelacionados en sus funciones metabólicas, la efectividad de uno está determinada por la presencia del otro, el Mn interfiere en el transporte de Fe desde las raíces hacia el tallo. La clorosis por Fe fue observada en diferentes cultivos cuando el suelo tenía grandes cantidades disponibles de Mn (Eyal, 2008).

2.14.3. Zinc (Zn)

2.14.3.1. El Zn en la planta

El Zinc es un micronutriente excepcional debido a sus funciones diversas y críticas en los sistemas biológicos. Hay varios procesos fisiológicos y sistemas estructurales que dependen de la influencia del zinc (Cakmak, 2011).

2.14.3.2. Formas de absorción de Zn por las plantas

La planta absorbe iones de Zinc principalmente como hidróxido de Zinc (Zn(OH)₂) y Zn²⁺ (Rodríguez, 2005).

2.14.3.3. Funciones metabólicas del Zn en las plantas

Es un componente esencial de la enzima RNA polimerasa responsable por la catalización de la síntesis del RNA influyendo así a la formación de proteínas (Rodríguez, 2005).

Algunas de las funciones fisiológicas que se ven afectadas cuando las plantas sufren deficiencia de zinc son: (1) la integridad estructural y funcional de membranas biológicas, (2) la desintoxicación de radicales libres, (3) la biosíntesis y acciones de las proteínas, (4) la expresión y regulación de genes, (5) la estabilidad estructural y función de varias enzimas y (6) el mantenimiento de un nivel adecuado de auxinas, fitohormonas (Cakmak, 2011).

Participa en la formación de hormonas de crecimiento (auxinas), formación de la semilla y el grano, promueve la maduración, altura de la planta, síntesis de proteína, transformación y consumo de carbohidratos (Eyal, 2008).

En las plantas, el Zn influye sobre los procesos fotosintéticos, siendo un componente esencial de varios sistemas de enzimas para la producción de energía, la regulación y síntesis de proteínas, el mantenimiento de la integridad de la membrana de la raíz; así mismo, interviene en el crecimiento y la fisiología de la planta (Casierra y Poveda, 2005).

2.14.3.4. Deficiencia del Zn en las plantas

Se manifiestan en una reducción en el tamaño de hojas, enroladas y acortados entrenudos por su estrecha relación con la síntesis de auxinas, hormona con esta función celular (Dell y Grove, 2005).

2.14.3.5. Exceso del Zn en las plantas

En casos severos, pueden aparecer plantas más pequeñas, entrenudos cortos y agrupamiento de hojas formando una roseta en la porción terminal (Fancelli, 2006).

Dosis excesivas de Zn podrían provocar fuerte quemado y fitotoxicidad sobre el área foliar, sin embargo, esto es poco probable si se aplican las mínimas dosis requeridas para saturar la respuesta al nutriente. La mayor proporción de este elemento se adsorbe en forma específica a la materia orgánica y en menor proporción a la superficie de arcillas silicatadas generándose formas poco disponible (Torri y Lavado, 2008).

2.13.3.6. Sinergismo y antagonismo del Zn

Algunas necrosis pueden asociarse con la acumulación de grandes cantidades de fósforo en plantas muy fertilizadas (Dell y Grove, 2005).

Zinc-hierro: la función metabólica del hierro en las plantas está relacionada en cierta forma con el suministro de Zn. El mecanismo todavía no es claro, una suposición es que la adición de Zn incrementa el crecimiento y esto conduce a una marcada disminución en la concentración de Fe en las plantas (Eyal, 2008).

La absorción del zinc por la raíz se ve influenciada por otros elementos como calcio, magnesio, hierro, manganeso y cobre (Rodríguez, 2005).

2.14.4. Cobre (Cu)

2.14.4.1. El Cu en la planta

Gran parte de este elemento se encuentra en la planta como plastocianina de la hoja (Dell, 2005). Es componente de diversas enzimas que intervienen en la nutrición de la planta, tiene un papel preponderante en la fotosíntesis y formación de clorofila (Escorcia, 2010).

Es esencial para la fotosíntesis ya que esta es un componente fundamental de la cadena de transporte de electrones en el fotosistema I y de muchas metaloenzimas como la citocromo oxidasa (activadora de procesos metabólicos basales) y fenolasa, responsable de la lignificación de la madera (Dell y Grove, 2005).

2.14.4.2. Formas de absorción de Cu por las plantas

Los mecanismos de absorción de cobre por las plantas no son totalmente claros, ya que se ha observado una probable absorción pasiva de cobre, especialmente cuando la concentración de la solución en que crecen las plantas está en el rango tóxico del metal, aun cuando existen numerosas evidencias respecto a su absorción activa como Cu^{+1} y Cu^{+2} .

En los tejidos de la raíz, el cobre se encuentra casi completamente en formas complejas, sin embargo, es muy probable que el metal ingrese a las células de las raíces en formas disociadas y en tasas diferentes según la especie del metal (Loayza, 2008).

2.14.4.3. Funciones metabólicas del Cu en las plantas

Constituyente de enzimas de oxidación - reducción (Cerveñansky, 2011).

Activador enzimático, función principal en la fotosíntesis, función principal en la etapa reproductiva, enzimas de la función respiratoria, rol indirecto en la producción de clorofila, incremento en el contenido de azúcares, intensifica el color, mejora el sabor de las frutas y vegetales (Eyal, 2008).

El cobre, participa en la fotosíntesis y en el metabolismo de las proteínas y enzimas implicadas en procesos de óxido/reducción. Es esencial para la transpiración de las plantas (Agro.es, 2012).

2.14.4.4. Deficiencia del Cu en las plantas

Afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas desde jóvenes. Los síntomas aparecen primero en los brotes apicales (zonas meristemáticas) y se expanden a hojas, las que se observan fundamentalmente recurvadas en los márgenes (Del y Grove, 2005), en deficiencias agudas la plantas no florecen (Escorcia, 2010).

2.14.4.5. Exceso del Cu en las plantas

El cobre tiene un efecto tóxico sobre las plantas, y un buen indicador de éste es el crecimiento de las raíces. Diferentes variedades vegetales esgrimen diferentes tolerancias al metal y esto es de evidente interés para la agricultura (Corrales, 2011).

El exceso de Cobre (Cu) en el suelo puede darse como consecuencia de la contaminación producida por la actividad industrial, por la actividad minera o por el uso durante décadas de fungicidas con base de Cu. El crecimiento radicular es un buen indicador del efecto tóxico de un metal sobre las plantas. La toxicidad por Cu afecta a la división celular a nivel del ápice radicular, a la elongación radicular y también a la organización del sistema radicular en general (Madejón, *et al.*, 2009).

2.14.4.6. Sinergismo y antagonismo del Cu

La presencia de hierro, manganeso y aluminio afecta su disponibilidad; dado que el cobre no se trasloca los síntomas de deficiencia aparecen en las partes más jóvenes, detiene el crecimiento, deforma, decolora las hojas jóvenes, da lugar a necrosis del sistema apical, enrollamiento de las hojas (Escorcia, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero tipo Baticenital de nivel tecnológico medio, el cual se encuentra ubicado en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, la cual se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 21´ 12” latitud norte 101° 02´ 01” longitud Oeste, con una altitud de 1747 msnm (Herrera, 2009).

3.2. Material vegetal

3.2.1. Características de la variedad utilizada

Una de las fases cruciales del cultivo de fresa es el paso de la fase vegetativa a generativa. La variedad festival es una variedad de día corto, por lo que los cultivos plantados durante el verano pueden tener dificultades para pasar de una fase a otra (Medrano, *et al.*, 2010).

La variedad de fresa festival produce brillantes frutos rojos, de forma cónica que mantiene su tamaño medio a grande en todo el ciclo de producción. Una arquitectura abierta en la planta facilita la polinización y la cosecha de los frutos. El fruto tiene un color rojo consistente en su interior, convirtiéndolo en un candidato excelente para el mercado congelador (Chandler, 2004).

3.3. Material de laboratorio

Se utilizó una estufa MAPSA modelo HDP334 para secar las muestras frescas, una balanza analítica digital OHAUS modelo TS120, además de un vernier, libreta de campo, pH metro, refractómetro portátil, bolsas de papel para introducir en ellas las partes y conservar la materia seca al introducirlas a la estufa.

3.4. Descripción del trabajo experimental

3.4.1. Adquisición del material vegetal

En el presente estudio se estableció una parcela utilizándose como material vegetal, coronas de 2 hojas bien desarrolladas (planta madre) de la variedad festival. Dichos materiales provinieron de plantaciones de 6 meses de edad establecidas en fincas de la empresa Fres S.P.R de R.L de C.V.

3.4.2. Preparación y desinfección de las coronas

Con la finalidad de mantener las coronas en buenas condiciones antes del experimento; se mantuvieron por 18 días en refrigeración a un promedio de 4 grados centígrados las cuales recibían agua con la ayuda de un atomizador cada 2 días para evitar su deshidratación debido a la iniciación de la brotación en las mismas. Después de retirar las coronas de fresa del refrigerador se aclimató en sombra por 10 horas, con la ayuda de una navaja se retiraron con mucho cuidado los residuos de tierra de las raíces; recortándose y eliminándose todas las partes muertas que imposibilitaban el desarrollo óptimo, posteriormente se sumergió en una solución de fungicida comercial Mancozeb a razón de 2 mg en proporción a 5 litros de agua para prevenir enfermedades fungosas.

3.4.3. Preparación del terreno y plantación de las coronas

Se realizó manualmente en una pequeña área del invernadero del Departamento de Horticultura, previo a la plantación se inició con la limpieza del área experimental de malas hierbas, a ras del suelo se picó con un azadón a una profundidad de 20 cm y se mulló la tierra con ayuda de una rastrillo, después se anivelo y se le dio una pendiente aproximadamente de un 5%.

3.4.4. Preparación de los tubos

Posterior a la preparación del terreno se procedió a medir y perforar 6 tubos de PVC, con un diámetro de 8 pulgadas y una longitud de 6 metros cada uno a una distancia de 30 cm con la ayuda de una broca de 2 pulgadas de diámetro teniendo 17 hoyos por tubo. Más tarde se homogenizó el *peatmoss* (Germinaza M2 constituido de fango canadiense, perlita y vermiculita) en una lona; se le agregó agua hasta capacidad de campo, posteriormente se rellenaron los tubos ocupando un volumen de 4 pies cúbicos de la mezcla, se compactó y se estableció entre hileras a 60 cm cada uno y finalmente se trasplantaron las coronas de forma manual en cada una de las perforaciones del tubo a hilera sencilla.

3.4.5. Riego

Una vez hecha la plantación se le dejó un día para que la planta se adaptara a su nuevo sitio de permanencia, pasado este día, los riegos fueron diarios con 150 ml/ planta ajustando el pH del agua a 6.5 con ácido comercial lower 7 (monocarbamida dihidrogenosulfato) 1.3 ml en 15 litros. Posteriormente el riego se realizó cada 3 días por plazo de una semana y se optó por regar cada 2 días con el mismo volumen de agua dado que el agua permanecía por más tiempo dentro del debido a su poca evaporación.

Con el propósito de aumentar la humedad relativa del ambiente, bajar la temperatura, prevenir ataques de la araña roja (*Tetranychus urticae*), favorecida por el polvo que se levantaba por el paso constante en el lugar; se regaba periódicamente a intervalos de un día.

3.4.6. Nutrición

Una vez trasplantadas se mantuvo regando con agua solamente por una semana; después de este periodo se le aplicaron los siguientes kilogramos de macronutrientes por hectárea, recomendados para la fertilización de medios de cultivos a niveles medios de nutrientes, con un nivel de 35000 plantas por hectárea y rendimiento aproximado de 40 a 50 toneladas.

Cuadro 1. Unidades de elementos nutritivos aplicados durante el desarrollo del cultivo de fresa

PERIODO	SEMANA	N	P	K	Ca	Mg	S
Plantación	1-6	110	90	140	106	50	80
Vegetación	7-14	200	33	170	106	50	80
Floración	15-21	150	45	100	85-110	50	80
Cuaje	22-25	120	20	100	85-110	30	80
Recolección	26-33	100	20	100	85-110	30	80
Recolección	34-35	100	20	100	85-110	30	80
Recolección	36-39	70	17	80	65-110	30	80

3.4.7. Plagas y enfermedades

Se puso énfasis principalmente en el monitoreo y prevención. Dándole en el ciclo de manera foliar tratamientos preventivos con la ayuda de un atomizador insecticidas Imidacloprid ingrediente activo al 70% y Abamectina, esto para evitar la aparición de algunas plagas que pudiesen afectar al cultivo.

3.5. Tratamientos en estudio

Cuadro 2. Tratamientos estudiados

Numero de Tratamiento	Nombre del Producto	Composición	Dosis
Tratamiento 1	TESTIGO	Aplicación de agua	500ml
Tratamiento 2	ULTRAFERRO	Hierro (Fe) Quelatado 6% p/p	2.5 mg/ 500ml
Tratamiento 3	TRADECORP Mn	Manganeso (Mn) Quelatado 13% p/p	2.5 mg/ 500ml
Tratamiento 4	TRADECORP Zn	Zinc (Zn) Quelatado 14% p/p	2.5 mg/ 500ml
Tratamiento 5	TRADECORP Cu	Cobre(Cu) Quelatado 14% p/p	2.5 mg/ 500ml

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Número de hojas, flores y frutos

Para estas variables se incluyó un total de tres plantas por cada tratamiento, evaluándose cuatro tratamientos más el testigo, para lo cual en número de hojas se cuantificó el total de hojas fisiológicamente adultas; en la variable número de flores se contabilizaron aquellas que estaban en su totalidad abiertas y en la variable número de frutos se consideró la cantidad de frutos cuajados que poseía cada planta; realizándose tres repeticiones en cada uno de ellos y anotándose en una libreta de campo; posteriormente se redactaron los datos en una hoja de programa Excel.

3.6.2. Peso de los frutos

Incluyó un total de cuatro tratamientos más testigo con dos repeticiones en cada uno de ellos (diferente número de unidades en todos). Con la ayuda de una balanza analítica digital OHAUS modelo TS120 se procedió a pesar los frutos en el laboratorio del Departamento de Horticultura.

3.6.3. Diámetro polar y ecuatorial de los frutos

Al igual que para el caso de peso de fruto en este parámetro se evaluó un total de cuatro tratamientos más testigo con dos repeticiones en cada uno de ellos (diferente número de unidades en todos). En cada cosecha efectuada, los frutos se sometían de inmediato a un análisis exhaustivo este consistía en medir el largo y ancho con la ayuda de un vernier.

3.6.4. Sólidos solubles totales (Grados brix) de los frutos

Para este parámetro se hizo uso de un refractómetro portátil tipo EFZ1966 EFHhdhld en el cual se agregó una gota del fruto y se tomó la lectura correspondiente, aplicándosele a los cuatro tratamientos más el testigo con dos repeticiones en cada uno de ellos (diferente número de unidades en todos).

3.6.5. pH de los frutos

Se tomaron las muestras de los cinco tratamientos extrayéndoles el jugo de los frutos, posteriormente se le agregó al lector de un pH metro una gota con dos repeticiones en cada uno de ellos (diferente número de unidades en todos) anotándose el resultado en una libreta de campo.

3.6.6. Peso seco de raíces, hojas y coronas

Para los cuatro tratamientos se tomaron once repeticiones en donde se incluyó una planta como repetición; se retiró cuidadosamente la planta del lugar de establecimiento, se lavaron las raíces agitando el cepellón para retirar el sustrato evitando el rompimiento de las mismas y posteriormente se llevó al laboratorio en donde con la ayuda de un escápelo se cortó la planta en sus diferentes partes como raíz, hoja y corona; se colocó seccionada en una bolsa de papel para secarlos en la estufa a 65 grados centígrados por un periodo de 72 horas; pasado este tiempo se procedió a pesar cada una de las partes por separado.

3.7. Diseño experimental

El experimento se estableció en condiciones de invernadero bajo un diseño completamente al azar y se empleó la prueba de comparación de medias mediante la metodología de Duncan ($\alpha=0.05$), por medio del paquete estadístico SAS versión 2009 se analizaron los resultados del experimento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Variables evaluadas

4.1.1. Número de hojas

De acuerdo al ANVA (Cuadro 1 A), existieron diferencias significativas entre los tratamientos y realizándose la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 12 A), se mostró que los tratamientos fueron estadísticamente similares,; esto a consecuencia de que el manganeso juega un papel importante en el desarrollo de clorofila y en los sistemas de enzimas de las plantas (Troeh y Thompson, 2005), debido a que el manganeso interviene en la liberación de oxígeno que tiene lugar en el fotosistema II durante la fotosíntesis y en otros muchos procesos fisiológicos. La figura nos muestra que el T2 (quelato de hierro) presentó menor respuesta, debido a lo establecido por Legaz, *et al.*, en 2011 donde mencionan que la carencia de hierro se manifiesta en las nuevas brotaciones, incluso cuando estas están en fase de desarrollo, como consecuencia de la escasa traslocación de este elemento desde las hojas adultas a otros órganos; lo que coincide con Quintero en 2005 quien dice que la concentración de hierro en las raíces normalmente es superior al de la hoja además que el quelato es descompuesto por los microorganismos liberándose el hierro en la superficie de la raíz, el que probablemente es fuertemente absorbido por la pared celular o precipitada en su mayoría en el apoplasto como $Fe(OH)_3$. Martínez y León en 2004 refieren que el fierro en el cultivo de fresa solo mejora el color de las hojas.

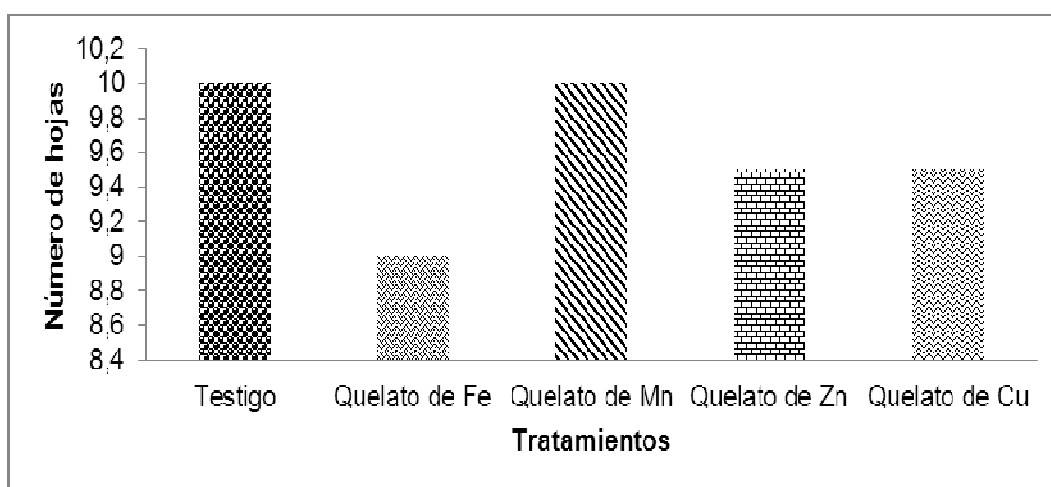


Figura 1. Número de hojas (unidades) obtenidas en el experimento con fertilizantes

4.1.2. Número de flores

Con respecto al número de flores; se puede observar claramente que el T1 (testigo), destacó en el comportamiento de los tratamientos evaluados en el presente experimento. Esto de acuerdo a que los cultivos, no toman los elementos por sus cantidades sino más bien por su equilibrio (CSR Servicios, 2008).

Realizándose el ANVA correspondiente se obtuvo que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2 A). De acuerdo a esto se practicó la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 13 A). Dicha prueba muestra que T1 (testigo) fue el tratamiento con mejor comportamiento y que los cuatro tratamientos restantes se comportaron estadísticamente iguales. Esto posiblemente a lo que menciona Castelán y Becerril en 2004 donde dicen que la inducción floral es controlada de manera natural por factores ambientales, ontogénicos y fisiológicos. Ramírez, 2011 menciona que temperaturas extremas pueden dañar los órganos florales, interfieren en la formación de polen, reducir la tasa de liberación de polen así como la viabilidad del polen. Altas temperaturas (24-32 °C) reducen la formación de flores de fresa y la calidad de la fruta.

Yáñez en 2002 refiere que los nutrientes tienen que ser absorbidos, translocados y asimilados al metabolismo de la planta para poder cumplir con las acciones específicas que corresponden a cada uno de estos, en las funciones y procesos del metabolismo vegetal.

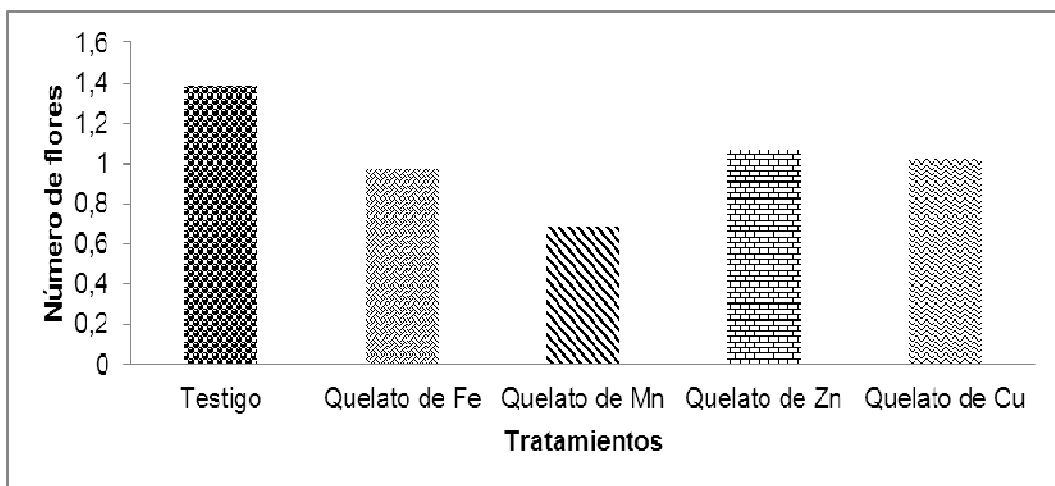


Figura 2. Número de flores (unidades) obtenidas en el experimento con fertilizantes

4.1.3. Número de frutos

De acuerdo al ANVA (Cuadro 3 A), no existen diferencias significativas entre los tratamientos, realizándose la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 14 A), obteniéndose que los tratamientos respondieron estadísticamente igual aunado a que los micronutrientes se encuentran asociados a enzimas que regulan distintos procesos metabólicos, generalmente sigue el orden $Mn > Fe > Zn > Cu$, modificándose según la especie vegetal o las condiciones de crecimiento, el cual afecta al crecimiento reproductivo, formación de granos, semillas y frutos, mucho más que al crecimiento vegetativo (Ferraris, 2010). El Cu está involucrado en el crecimiento reproductivo, inducción de la floración, polinización y establecimiento de frutos (Kirkby y Volker, 2008). La concentración foliar de aminoácidos libres se incrementa antes de la floración, lo que explica la mayor brotación y cantidad de flores en las aplicaciones de micronutrientes, donde, aunque el porcentaje de amarre de frutos es menor, hay un periodo de anthesis más extendido, que significa una cosecha durante un periodo mayor, lo cual puede considerarse una ventaja en la etapa de comercialización (Castelán y Becerril, 2004).

Hay una migración de manganeso de las hojas a las flores, volviendo luego las hojas a recuperar los niveles de este. El manganeso es absolutamente necesario para la fructificación (Oltra, *et al.*, 2003), Legaz, *et al.*, en 2011 dicen que el tamaño de la hoja no suele disminuir como consecuencia de la carencia de manganeso, pero los frutos producidos faltos de manganeso, puede ocasionar una reducción de la cuantiosa cosecha.

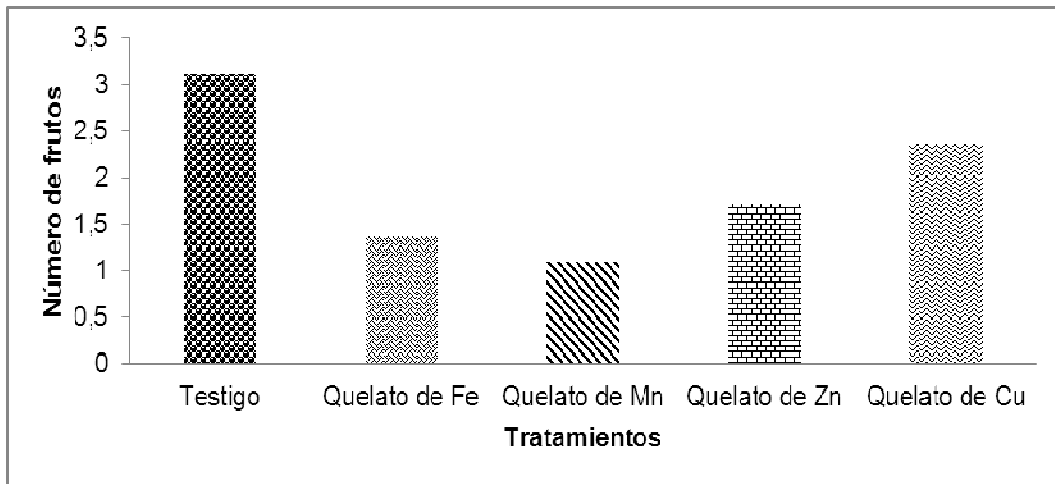


Figura 3. Número de frutos (unidades) obtenidos en el experimento con fertilizantes

4.1.4. Peso de los frutos

Mostrándose en la figura 4 y de acuerdo al ANVA obtenido en esta variable apéndice (Cuadro 4 A), existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se realizó la comparación Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 15 A), resultando que T5 (quelato de Cu) y T1 (testigo) presentan la media más alta para este parámetro esto ocurre según Legaz, *et al.*, en 2011 porque los elementos nutritivos pueden ser absorbidos por la planta en cantidades muy variables que van desde insuficientes a excesivas.

La fertilización con Cu está asociada a altos niveles productivos, alcanzando los objetivos de calidad (Lemos, *et al.*, 2012). Este microelemento participa en la síntesis de lignina un compuesto que causa endurecimiento de los tejidos (Yáñez, 2002).

El fierro presenta el valor más bajo debido a que en cultivos como tomate, principalmente los tipos saladette e indeterminados muestran con mayor frecuencia carencias de Fe, durante las etapas de floración y fructificación (Yáñez, 2002), coincidente con González en 2007 quien refiere que la etapa de mayor demanda de Fe es la formación del fruto.

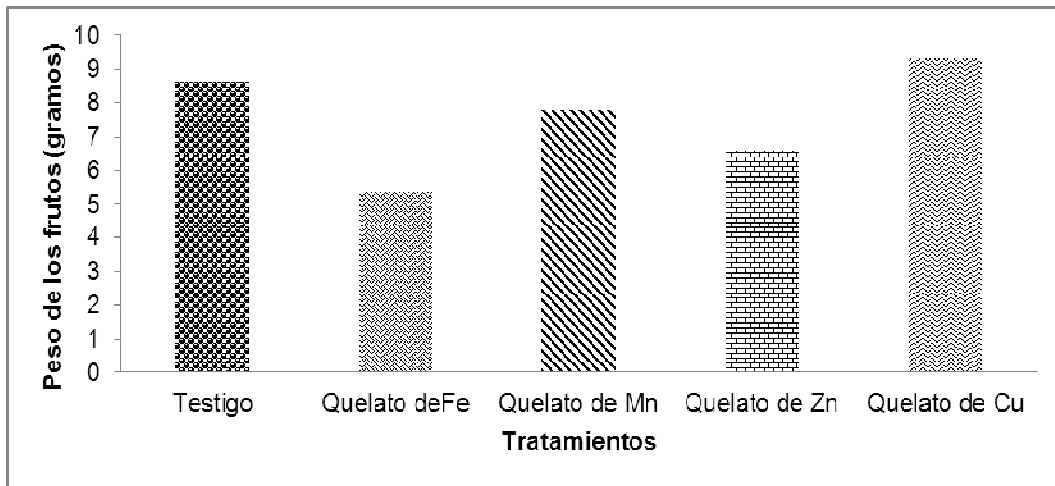


Figura 4. Peso de los frutos (gramos) obtenidos en el experimento con fertilizantes.

4.1.5. Diámetro polar de los frutos

En la Figura 5 se observa claramente que el tratamiento 1 (testigo) es el que alcanza mayor diámetro polar en frutos; seguido de T5 (quelato de Cu) y T2 (quelato de Mn).

De acuerdo al ANVA (Cuadro 5 A), existen diferencias significativas entre los tratamientos, para esta variable se hizo la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 16 A), se mostró que estadísticamente T2 (quelato de Mn), T1 (testigo), T4 (quelato de Zn) y T5 (quelato de Cu) fueron estadísticamente iguales mas no así el tratamiento T3 (quelato de Fe).

Como es sabido, el agua está presente en la práctica totalidad de los alimentos, aunque en proporciones muy variables. El porcentaje de agua en alimentos es importante, ya que condiciona sus propiedades nutritivas, sabor, aspecto, etc. Además, la determinación de agua es importante por razones de tipo económico, puesto que el precio de la materia prima depende de la cantidad de agua. Por otro lado, en ciertas ocasiones interesa

conocer el contenido en agua para poder referir el porcentaje de otros componentes al residuo seco (Maurí, 2010).

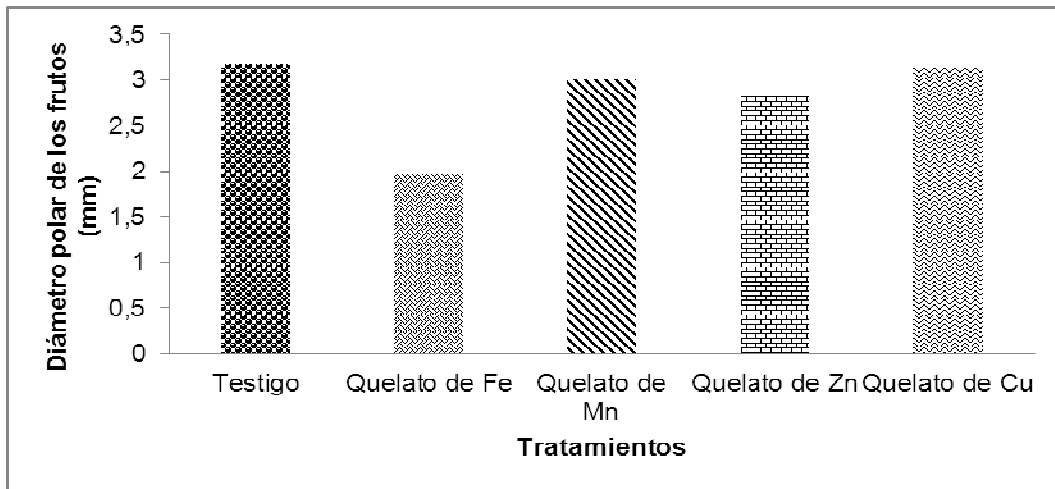


Figura 5. Diámetro polar de los frutos (mm) obtenidos en el experimento con fertilizantes

4.1.6. Diámetro ecuatorial de los frutos

De acuerdo al ANVA para esta variable (Cuadro 6 A) existen diferencias significativas entre los tratamientos y haciendo la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 17 A), los tratamientos T1 (testigo), T4 (quelato de Zn) y T5 (quelato de Cu), estadísticamente fueron similares, esto debido a que el medio más común para agregar microelementos es la aplicación foliar; resume además que en especies de verano en general suele coincidir con un ambiente climático sumamente restrictivo para la absorción de nutrientes a través de las láminas, por lo tanto, la aplicación es crítica para un resultado exitoso de la práctica (Leiva, 2009), esta es una de las causas frecuentes de divergencia entre los resultados obtenidos en parcelas experimentales y aplicaciones extensivas (Ferraris, 2005).

El conseguir buen calibre en los frutos viene determinado por un amplio número de variables que podríamos agruparse en factores endógenos (los genéticos donde cada variedad tiene un calibre característico y la competencia entre órganos en desarrollo) y factores exógenos (los ambientales como temperatura, pluviometría, suelo y las prácticas culturales como riego, fertilización, cultivo, etc.) (Ferenczi, *et al.*, 2011).

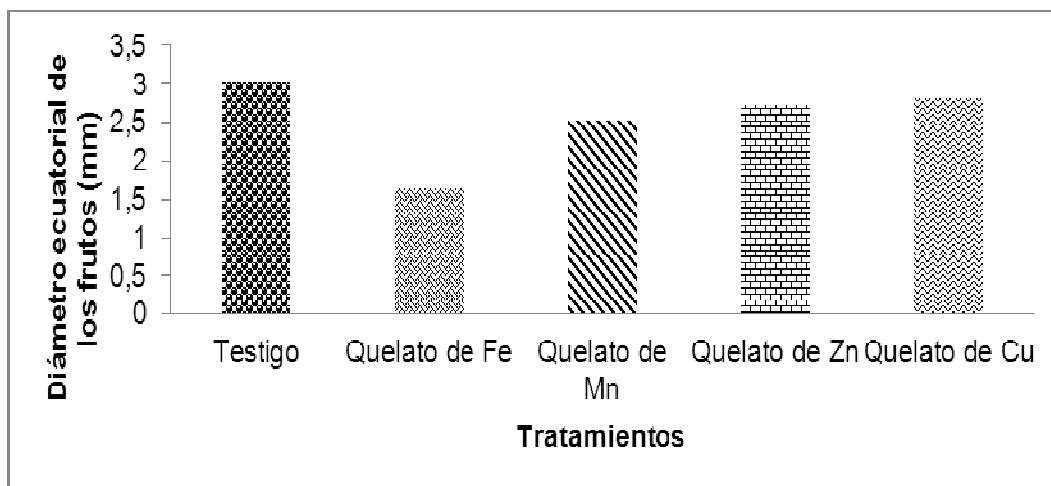


Figura 6. Diámetro ecuatorial de los frutos (mm) obtenidos en el experimento con fertilizantes.

4.1.7. Grados brix de los frutos

Cómo se muestra en la Figura 7 para la variable grados brix, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ya que en este experimento se encontraron dentro del intervalo de las recomendaciones de calidad poscosecha señaladas por Juárez, *et al.*, en 2007, donde señalan 7° como mínimo y 12° brix como máximo, y no existió diferencia por efecto de tratamientos.

El contenido en sólidos solubles varía según la variedad de fruta, su grado de madurez, las técnicas de cultivo y el tratamiento posterior. Cuanto mayor

sea el valor en grados Brix de un producto, mayor será la concentración de zumo y menor la de agua. Como los zumos contienen otras sustancias además de la sacarosa, los grados Brix constituyen un índice comercial aproximado, ya que no se trata de un método específico para la sacarosa (Maurí ,2010).

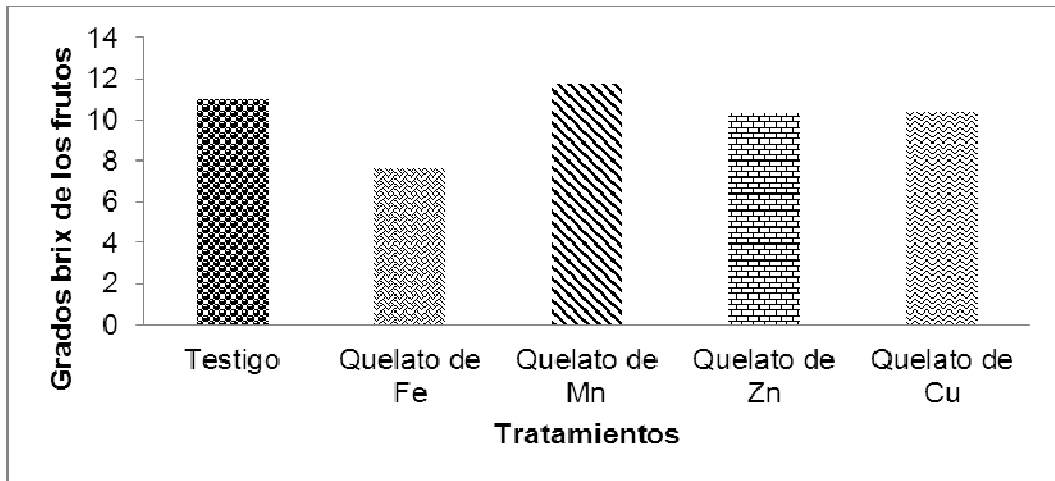


Figura 7. Grados brix de los frutos (grados) obtenidos en el experimento con fertilizantes.

4.1.8. pH de los frutos

Se puede observar el pH en la figura 8. De acuerdo al ANVA obtenido (Cuadro 8 A), existen diferencias significativas entre los tratamientos, realizándose la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 19 A), se observa que el tratamiento 4 (quelato de Zn) es el que alcanza el mayor pH de frutos seguido de tratamiento 2 (quelato de Mn) con 7.3 respectivamente, en comparación con T1 (Testigo), que alcanza un pH de frutos de 6.9 y T5

(quelato de Cu) cuyo pH de frutos presenta un rezago considerado con los demás tratamientos, esto en gran medida porque los quelatos juegan un papel vital en la bioquímica de las plantas (Wozniak y Martineau, 2007), aunado a que los estados marcadamente carenciales de zinc reducen la cosecha y producen frutos de menor tamaño, con corteza suave, pulpa consistente y escasa proporción de sólidos disueltos (Legaz, *et al.*, 2011), coincidente con Yáñez en 2002 indica que hortalizas como tomates, chiles y papas, comúnmente muestran deficiencia de este elemento principalmente cuando estas se hayan en fructificación o desarrollo de tubérculos.

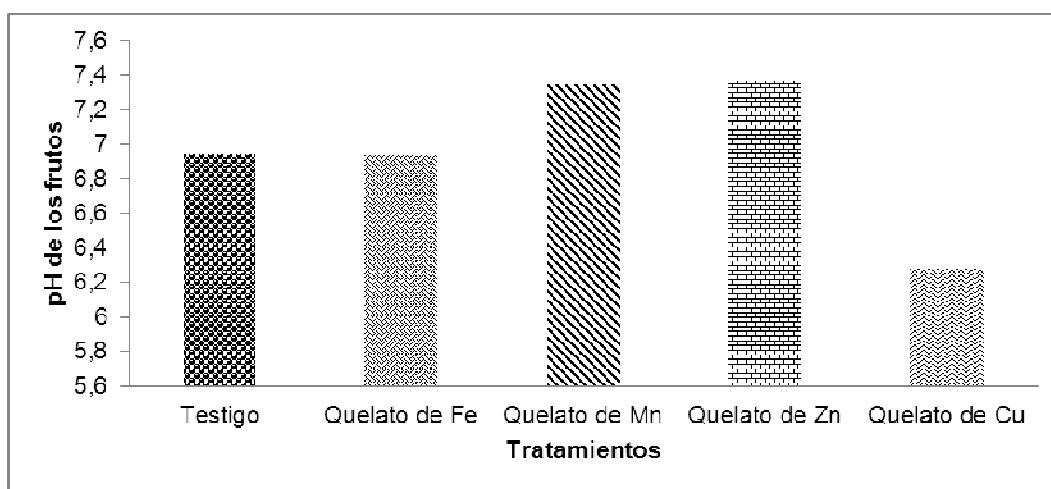


Figura 8. pH de los frutos obtenidos en el experimento con fertilizantes.

4.1.9. Peso seco de raíces

Realizándose el ANVA respectivo, se obtuvo que existían diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 9 A). De acuerdo a esto se practicó la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 20 A). Dicha prueba indica que el tratamiento 2 (quelato de Fe) fue

el de mejor comportamiento dado que el Fe es uno de los agentes inductores de la raíz (Siminis y Stavrakakis, 2008), diferentes investigaciones muestran que la acumulación de hierro en las raíces puede ser explicada por la acción de los fitosideróforos que movilizan hierro y lo transportan hacia las raíces (Quintero, 2005). En la misma Figura, se puede observar el comportamiento de los tratamientos y el T3 (quelato de Mn) resultó ser el que mostró menor respuesta, con 1.5263 g en promedio, en comparación con el testigo T1 con 2.1625 g en promedio.

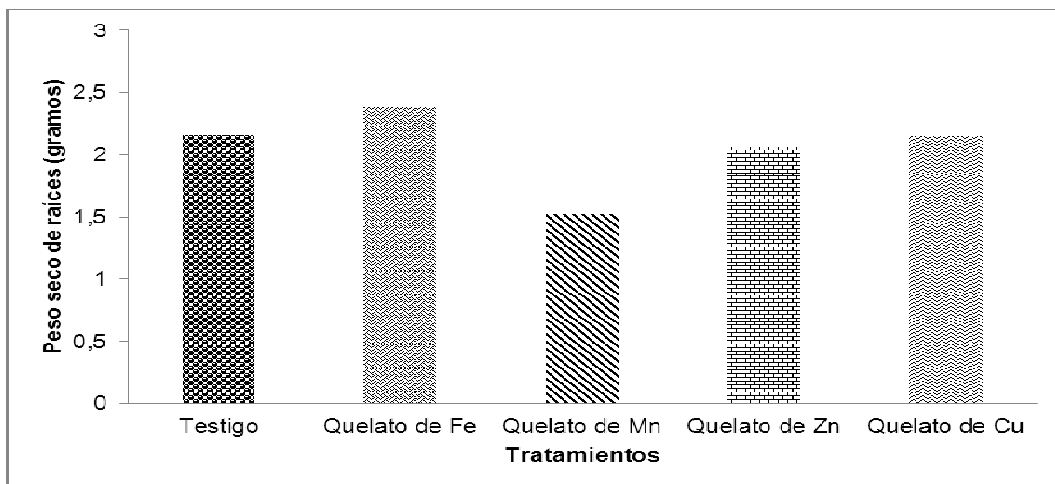


Figura 9. Peso seco de raíces (gramos) obtenido en el experimento con fertilizantes

4.1.10. Peso seco de hojas

En la Figura 10 se observa que el tratamiento 3 (quelato de Mn) es el que alcanza mayor peso seco de hojas; seguido de T2 (quelato de Fe), debido a

que dentro de la planta: Fe-Mn-B-Mo son inmóviles y Zn-Cu relativamente móviles (Cerveñansky, 2011). Esta variable fue evaluada aplicándose el ANVA respectivo y de acuerdo a este (Cuadro 10 A), no existen diferencias significativas entre los tratamientos, esto a razón de que el hierro y el manganeso son esenciales en la molécula de clorofila, es decir, intervienen en la fotosíntesis, además, lo anterior provoca un aumento en el área foliar y por consiguiente en el peso (Gonzales, 2007), además Casierra y Poveda en 2005 mencionan que el exceso de Zn disminuye la biosíntesis de giberelinas y de triptofano, precursor primario de la auxina ácido indol-3-acético y responsable en gran parte de la división celular. La aplicación de manganeso está relacionada con incrementos en el contenido de materia seca posiblemente por contribuir a una mayor fotosíntesis neta (Pérez, *et al.*, 2008).

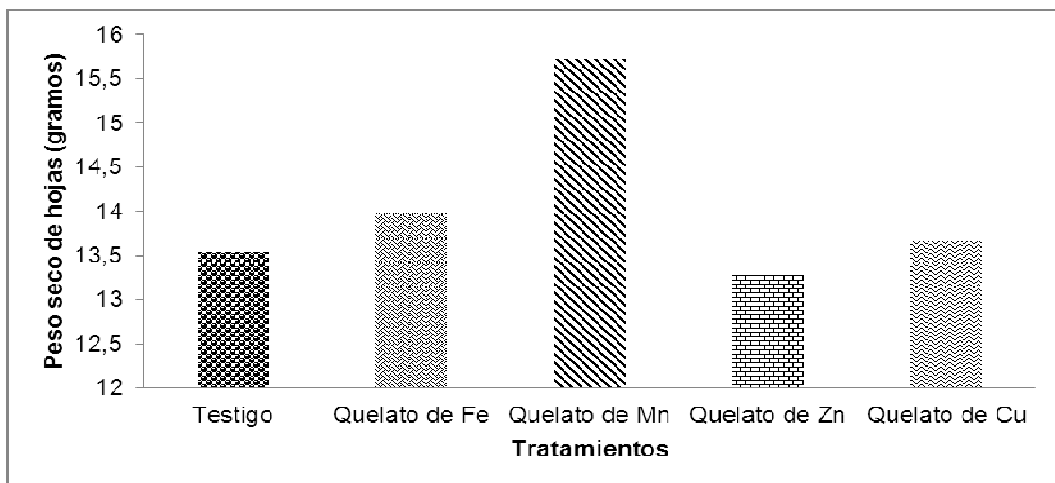


Figura 10. Peso seco de hojas (gramos) obtenido en el experimento con fertilizantes.

4.1.11. Peso seco de coronas

De acuerdo al ANVA obtenido (Cuadro 11 A), existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba Duncan ($\alpha=0.05$) (Cuadro 22 A), donde resulto que el tratamiento T3 (quelato de Mn) fue totalmente diferente a los demás tratamientos el cual alcanzó un promedio en peso seco de hojas de 9.869 g, presentando la media más alta para este parámetro y T1 (testigo) presentó la media más baja considerando que el Fe y el Mn están interrelacionados en sus funciones metabólicas, la efectividad de uno está determinada por la presencia del otro, (Eyal, 2008). Maurí en 2010 menciona que la materia seca de un alimento refleja el contenido de todos los componentes no volátiles. Se incluyen aquí fundamentalmente lípidos, hidratos de carbono, proteínas y minerales. Es evidente que la suma del porcentaje de materia seca y de agua no necesariamente es del 100 %.

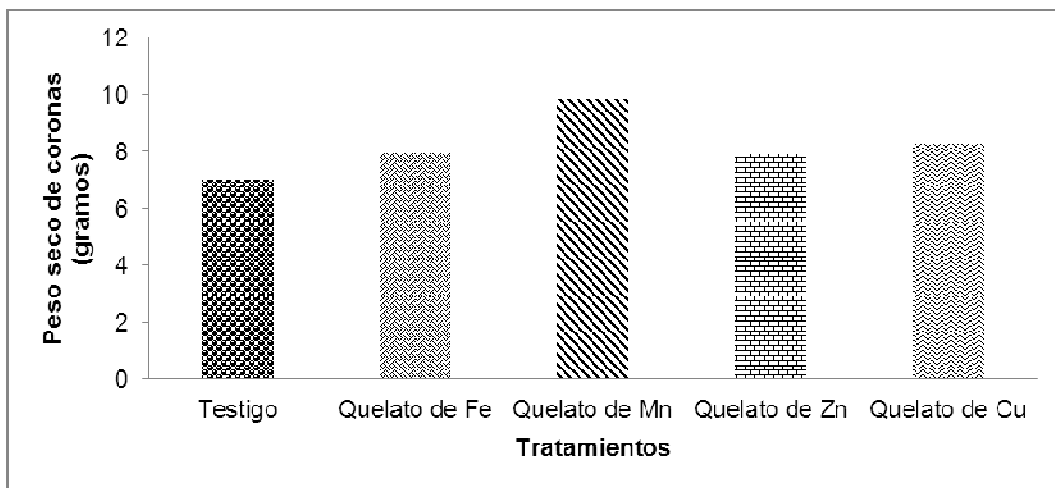


Figura 11. Peso seco de coronas (gramos) obtenido en el experimento con fertilizantes.

V. CONCLUSIONES

Con base a los resultados mostrados con anterioridad se concluye que el tratamiento aplicado con tradecorp manganeso influye de manera directa en las variables número de hojas, grados brix, peso seco de hoja y corona.

Mediante la aplicación de tradecor cobre, las variables de peso de fruto y diámetro se incrementaron, considerando que este elemento es necesario en gran medida en la fructificación.

La aplicación de tradecorp hierro sobresalió en el peso seco de raíz, lo que confirma que ayuda a la elongación de la raíz.

En tradecor zinc afecta el pH interno del fruto.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AMHPAC (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida).** 2009. Reporte final. Estudio de oportunidades externas para el desarrollo de la inteligencia comercial del mercado de exportación de la horticultura protegida.
- Agro.es.** 2012. <http://www.agroes.es/agricultura/abonos/123-cobre-funcion-nutricion-plantas>.
- Azcon Bieto Joaquin, Talón Manuel,** 2008. Fundamentos de fisiología vegetal capítulo 8. Nutrición mineral y producción vegetal. Segunda edición. pp. 150-152.
- Barceló J, K Stoyanova Georgieva, J. M Velichkova,** 2009. Silicon amelioration of manganese toxicity in Mn-sensitive and Mn-tolerant maize varieties. Sn Doncheva, C. Poschenrieder, ZI. Departamento de Biología Animal, de Biología Vegetal i d' Ecologia. Universidad Autónoma de Barcelona. Exp. Bot. 65: 189-197. http://www.uab.es/PDF/PDF_1241503807080_es.pdf
- Benavides G A, J Cisne Contreras, R. Laguna Miranda.** 2005. Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en las sabanas, madriz. Investigadores del Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses, Universidad Nacional Agraria. pp 22.
- Carvajal de Pabón Luz M. E H Yahia, R Cartagena, C Peláez, C A Gaviria, B A Rojano.** 2012. Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria* x *ananassa* (Weston) Duchesne (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. Medellín, Colombia Revista Cubana de Plantas Medicinales. Versión ISSN 1028-4796. vol.17 no.1 Ciudad de la Habana.
- Casierra Posada F y J Poveda.** 2005. La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la

calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp. cv. Camarosa). Suelos, fertilización y manejo de aguas.

<http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a13.pdf>

Castelán Estrada M y A E Becerril Román. 2004. Fisiología de la producción forzada en guayaba. II. nutrientes y respuesta floral INCI v.29 (12). pp. 2.

Cakmak I. 2011. Hyderabad, India Third International Symposium on Zinc

<http://www.newaginternational.com/es/actual/AgronomiaEconomia201112.pdf>
f.

Cepeda Dovala J M. 2007. Química de suelos. Editorial trillas. Capítulo 4: Fenómenos de intercambio iónico en el suelo. Capacidad de absorción. pp. 77- 80.

Cerveñansky A. 2011. Micronutrientes, fertilidad (Consulta 31-10-2012)
http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/micronutrientes_impr.pdf
f.

Chandler C. 2004. Universidad de Dover Florida Estación de Investigación. Variety Name: Strawberry Festival (Florida Festival). Protection Status: U.S., International. Plant Patents and P.B.R.'s Pending. U.S. Patent Owner: Florida Foundation. Seed Corporation. Ekland Marketing Co. of California.

www.emcocal.com-mail: variety@emcocal.com

Cristóbal Hernández C. 2009. Evaluación de la producción de biomasa por efecto. Aplicación exógena de Cobre (Cu) y hierro (Fe) en orégano mexicano (*Lippiagraveolens*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 18-19.

Corrales I. 2011. Departamento de Biología Animal, de Biología Vegetal y de Ecología. Área de Fisiología Vegetal, pp 2.

CSR SERVICIOS. 2008. Avda. de Linares, 25. 23400 – ÚBEDA (JAÉN)
www.csrsericios.es. laboratorio@csrsericios.es Tf:/Fax: 953 79 01
04.

Dell B, N Malajczuk y T Grove. 2005. Nutrient disorders in plantation
Eucalypts. Australian Center For International Agricultural Reserch.
Australia. 110 p.

Escorcia Zavala M del C. 2010. Evaluación de la producción de biomasa.
Variables fisiológicas en orégano mexicano (*Lippiagraveolens*) por
efecto de inducción de estrés por cobre (Cu). Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 23.

Eyal Ronen I. 2008. Red Hidroponía, Boletín No 38. Lima-Perú. Micro-
elementos en la agricultura. (Consulta 6/11/2012).

[http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/boletin_38/38-
articulo-microelementos.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/boletin_38/38-articulo-microelementos.pdf)

Fancelli AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-
27.En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación
Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.207pp.

Ferenczi A, G Gambetta, J Franco, H Arbiza, y A Gravina. 2011.
“Crecimiento del fruto, tamaño final y productividad en naranja
'Valencia' (Citrus sinensis L. Osb.) Con la aplicación de ácido-
diclorofenoxipropiónico”. Agrocienza, III (1): 51-57.

Ferraris Gustavo N. 2012. Micronutrientes en cultivos extensivos.
¿Necesidad actual o tecnología para el futuro? Desarrollo rural INTA
E.E.A. Pergamino, INTA Av Presidente Dr. A. Frondizi km 4,5
(B2700WAA) Pergamino, Buenos Aires.

nferraris@pergamino.inta.gov.ar (Consultado13/12/2012)

<http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/559.pdf>

Gárate A y I Bonilla. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal (2008), segunda edición, capítulo 8: nutrición mineral y producción vegetal. pp. 150, 151.

Garófalo J y A Fehrman; traducido al español por Rubén Regalado y Balerdi Carlos. Rev. 7 2002, traducido 7 .2003. La "copa encrespada" en Palmas y la Deficiencia de Manganeso. Publicaciones para los horticultores profesionales del condado Miami Dade. Hoja Informativa No. 89.

González Gordillo D de J. 2007. Efectividad biológica de un fulvato de hierro en la calidad y producción de tomate cherry (*Lycopersicon esculentum mill*) var. Red Cherry. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 34.

Guerena M y B Holly. 2007. Especialistas agrícolas. Centro Nacional de Tecnología (NcAT). pp. 5-10.

Herrera. 2009. Evaluación del biofertilizante Bioamin-fert-1 en el cultivo de la fresa (*Fragaria x annanassa D.*). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 3-17 y 35.

Ingeniería Agrícola. 2008. <http://www.ingenieriaagricola.cl>

Emailinfo@ingenieriaagricola.cl. Consulta 28/03/2012.

James D R, K Manangi Megharaja, J J Dibner y S Carter. 2012 Contribución de los quelatos minerales a la integridad biológica (Consulta 31-10-2012) <http://www2.avicultura.com/sa/035-038-Alimentacion-Quelatos-integridad-biologica-Richards-Manangi-Dibner-Carter-Novus-SA201107.pdf>

Juárez M, Cerdán, M; Sánchez Sánchez, A. 2004. Departamento de Agroquímica y Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. pp 12.

Juárez Rosete C R, M N Rodríguez Mendoza, M Sandoval Villa, A Muratalla-Lúa. 2007. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero TERRA Latinoamericana, Vol. 25 (1). pp. 17-23.

Kirkby E y R Volker. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Informaciones agronómicas. No.68.

Kyrkby E y R Volker. 2004. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. pp 2.

[http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5b586b52a8592f9985256e1b00145531/\\$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiologia.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/5b586b52a8592f9985256e1b00145531/$FILE/Micronutrientes%20en%20la%20Fisiologia.pdf)

Lara Mireles J L, A Rigoberto Vázquez, E Olivares Sáenz, J F Pissani Zúñiga. 2004. Tolerancia a clorosis férrica de diferentes cultivares de frijol en suelos calcáreos Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 27 (1). pp. 43-47.

Soci cniamex@gmail.com

Legaz F, M D Serna y E Primo. 2011. Sintomatologías de las deficiencias y excesos minerales en los cítricos instituto valenciano de investigaciones agrarias.

<http://www.ivia.es/sdta/pdf/revista/citricos/05tema11.pdf>

Leiva. D. 2009. Protocolo de calibración de equipo. Pulverizador terrestre., Versión 1.0-2008. Pp 283-292. En: Mousegne, F. Soja. Resultados de experiencias. Campaña 2009. Proyecto Regional Agrícola, CRBAN, INTA.

Lemos E A, M G Tellería, M A Vergara, y P Prystupa. 2012. Fertilización foliar con cobre: ¿aumenta el contenido proteico de los granos en cebada cervecera? Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp. 3.

Loayza Pérez J E. 2008. Año 4 N° 38. Boletín electrónico informativo sobre productos y residuos químicos. FQIQ. UNMSM. Lima. Perú. pp. 3.

- Lucena Marotta J J.** 2003. Uso de quelatos férricos en agricultura Dpto. Química Agrícola Universidad Autónoma. 28049 Madrid. www.infoagro.com
- Lucena Marotta J J.** 2007, Uso de quelatos férricos en agricultura, Dpto. Química Agrícola Universidad Autónoma. 28049 Madrid. (Consulta 31-10-2012).
<http://www.fertilizando.com/articulos/Uso%20Quelatos%20Ferricos%20en%20Agricultura.asp>
- Madejón P, J E Ramírez Benítez, I Corrales, J Barceló, C Poschenrieder.** 2009. Copper-induced oxidative damage and enhanced antioxidant defenses in the root apex of maize cultivars differing in Cu tolerance. *Environmental and Experimental Botany.*, Volumen 67, (2), pp. 415-420.
- Maurí Aucejo A. y R. Herráez Hernández.** 2010. Curso teórico-práctico de Análisis Industrial Departamento de Química Analítica Facultad de Química Universidad de Valencia. pp 96.
- Martínez Téllez Jaime J y León Gallegos Héctor M.** 2004. Producción de fresa en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila, México, Facultad de Ciencias Agro-tecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. pp. 1-12.jmartinez@uach.mx.
- Medrano E, M C Sánchez Guerrero, FJ Alonso, PA Briones, A Parra, A Roldán.** 2010. Producción integrada de fresa en sustrato con sistema recirculante en condiciones mediterráneas. p. 10.
- Melgar R.** 2005. Aplicación Foliar de Micronutriente. INTA EEA Pergamino.<http://www.fertilizando.com/articulos/Aplicacion%20Foliar%20de%20Micronutrientes.asp>
- Oltra Cámara M A, V J Mangas Martín, M Giménez Montesinos, V Rodríguez, J M Ferrández.** 2003. Relación entre el diagnóstico visual y el contenido foliar de zinc y manganeso en limonero Verna Relación

entre el diagnóstico visual y el contenido foliar de zinc y manganeso en limonero Verna. Pp.1.

Orea Utrilla I. 2010. Desarrollo y aplicación de nuevas metodologías analíticas al estudio de fertilizantes férricos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Estación Experimental de Aula Dei. Departamento de Nutrición Vegetal Zaragoza.

Perea E, D Ojeda, A Hernández, T Ruiz y J Martínez. 2010. Utilización de quelatos en la agricultura. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/Universidad Autónoma de Chihuahua. (Consulta 31-10-2012).

http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/06/14/utilizacion_de_quelatos_en_la_agricultura.pdf

Pérez L C, L E Rodríguez, M I Gómez. 2008. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de los micronutrientes B, Mn y Zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia Agronomía Colombiana, vol. 26 (3), pp. 477-485.

Quintero C. 2005. Resumen, Clorosis ferrica en suelos calcáreos. Traducción y adaptación del artículo de Konrad menguel "iron availability in plant tissues-iron clorosis on calcareous soil. Nutrition in Soils and Plants. pp. 389-397.

Ramírez Gómez H. 2011. Sistema de producción de fresa de altas densidades. Colegio de posgraduados. Campus montecillo, Montecillo Texcoco México. pp 68.

Rodríguez Suppo F. 2005. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor S.A. pp. 53-89.

Santoyo Juárez J A. 2008-2009. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Rosario, Sinaloa, México. pp. 2.

- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP).** 2012. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 (Consulta 12/06/2012).
- Siminis Charalambos I y N Stavrakakis Manolis.** 2008. Iron Induces Root and Leaf Ferric Chelate Reduction Activity in Grapevine Rootstock 140 Ruggeri. .HortScience. Vol. 43 (3): 685-690.
- Torri S y R Lavado.** 2008. Zn distribution in soils amended with different kinds of sewage sludge. Journal of Environmental Management, 88: 1571-1579.
- Troeh Frederick R y M Thompson Louis.** 2005. Soils and soil fertility. Capítulo 5. The micronutrients.Blackwell publishing. Sexta edición. pp. 292 - 296.
- Ulrich A, M A E Mostafa y W W Allen.** 2006. Strawberry Deficiencies Symptoms: A Visual and Plant Analysis Guide for Fertilization, University of California, and Division of Agricultural Sciences.
- Unión Agrícola Regional de Productores de Fresa y Hortalizas del Valle de Zamora.** 2009. Estudio de oportunidades de mercado e inteligencia comercial internacional para fresa. Zamora, Michoacán, México.
- Venegas Villarroel César R.** 2007. Fertilización foliar complementaria para nutrición y sanidad en producción de papas. (Consulta 31-10-2012). <http://www.conpapa.org.mx/portal/pdf/EVENTO/Modulo%203%20Nutricion/Fertilizacion.pdf>
- Wozniak E M y J R Martineau.** 2007. Quelatos/Complejos Derivados Naturales de Cytozyme. Plant Nutrition for Sustainable Agriculture, Volumen 10, (2).
- Yáñez Reyes J N.** 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Tecnología, Comercio y Servicios Agrícolas Mundiales. Saltillo, Coahuila. pp. 22.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1 A. Análisis de varianza para número de hojas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	2.5500	0.6375	0.93	0.48
Repeticiones	3	7.7500	2.5833	3.76	0.04
Error	12	8.2500	0.6875		
Total	19	18.5500			

C.V.= 8.59 MEDIA: 9.65

Cuadro 2 A. Análisis de varianza para número de flores

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	1.10718333	0.27679583	1.67	0.2216
Repeticiones	3	0.45148000	0.15049333	0.91	0.4665
Error	12	1.99161667	0.16596806		
Total	19	3.55028000			

C.V.= 40.17670 MEDIA: 1.014000

Cuadro 3 A. Análisis de varianza para número de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	11.00715833	2.75178958	1.86	0.1820
Repeticiones	3	6.61289500	2.20429833	1.49	0.2667
Error	12	17.73404167	1.47783681		
Total	19	35.35409500			

C.V.= 63.66395 MEDIA: 1.909500

Cuadro 4 A. Análisis de varianza para peso de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	30.25889333	7.56472333	3.02	0.0858
Repeticiones	2	6.85097333	3.42548667	1.37	0.3084
Error	8	20.03922667	2.50490333		
Total	14	57.14909333			

C.V.= 20.98314 MEDIA: 7.542667

Cuadro 5 A. Análisis de varianza para diámetro polar de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	2.94822667	0.73705667	10.36	0.0030
Repeticiones	2	0.24209333	0.12104667	1.70	0.2424
Error	8	0.56937333	0.07117167		
Total	14	3.75969333			

C.V.= 9.451353 MEDIA: 2.822667

Cuadro 6 A. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	3.40676000	0.85169000	3.05	0.0842
Repeticiones	2	1.43017333	0.71508667	2.56	0.1384
Error	8	2.23596000	0.27949500		
Total	14	7.07289333			

C.V.= 20.73769 MEDIA: 2.549333

Cuadro 7 A. Análisis de varianza para grados brix de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	28.75713333	7.18928333	5.95	0.0160
Repeticiones	2	0.26133333	0.13066667	0.11	0.8988
Error	8	9.66966667	1.20870833		
Total	14	38.68813333			

C.V.= 10.73296 MEDIA: 10.24333

Cuadro 8 A. Análisis de varianza para pH de frutos

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
-----------	-----------	-----------	-----------	----------	------------------

Tratamientos	4	2.33813333	0.58453333	4.58	0.0323
Repeticiones	2	1.08969333	0.54484667	4.27	0.0547
Error	8	1.02070667	0.12758833		
Total	14	4.44853333			

C.V.= 5.122301 MEDIA: 6.973333

Cuadro 9 A. Análisis de varianza para peso seco de raíces

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	3.27564000	0.81891000	1.50	0.2328
Repeticiones	11	5.99707333	0.54518848	1.00	0.4739
Error	24	13.07672667	0.54486361		
Total	39	22.34944000			

C.V.= 35.86729 MEDIA: 2.058000

Cuadro 10 A. Análisis de varianza para peso seco de hojas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	30.3612750	7.5903187	0.35	0.8436
Repeticiones	11	254.1863125	23.1078466	1.06	0.4332
Error	24	525.3790500	21.8907938		
Total	39	809.9266375			

C.V.= 33.32747 MEDIA: 14.03875

Cuadro 11 A. Análisis de varianza para peso seco de coronas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	4	34.08909000	8.52227250	1.71	0.1798
Repeticiones	11	58.51754833	5.31977712	1.07	0.4232
Error	24	119.3473517	4.9728063		
Total	39	211.9539900			

C.V.= 27.12705 MEDIA: 8.220500

Cuadro 12 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de hojas

Grupo Duncan	Media	T
A	10.0000	3
A	10.0000	1
A	9.5000	4
A	9.5000	5
A	9.0000	2

Cuadro 13 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de flores

Grupo Duncan	Media	T
A	1.3875	1
AB	1.0700	4
AB	1.0225	5
AB	0.9733	2
B	0.6880	3

Cuadro 14 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; número de frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	3.1075	1
A	2.3600	5
A	1.6975	4
A	1.3667	2

A	1.0860	3
----------	--------	---

Cuadro 15 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso de los frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	9.320	5
A	8.640	1
AB	7.803	3
AB	6.583	4
B	5.367	2

Cuadro 16 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; diámetro polar de los frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	3.1767	1
A	3.1333	5
A	3.0067	3
A	2.8267	4
B	1.9700	2

Cuadro 17 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; diámetro ecuatorial de los frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	3.0133	1
A	2.8167	5
A	2.7333	4
AB	2.5367	3

B	1.6467	2
----------	--------	---

Cuadro 18 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; grados brix de los frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	11.7900	3
A	10.9933	1
A	10.4367	5
A	10.3200	4
B	7.6767	2

Cuadro 19 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; ph de los frutos

Grupo Duncan	Media	T
A	7.3700	4
A	7.3400	3
AB	6.9433	1
AB	6.9367	2
B	6.2767	5

Cuadro 20 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de raíces

Grupo Duncan	Media	T
A	2.3838	2
AB	2.1625	1
AB	2.1563	5
AB	2.0613	4
B	1.5263	3

Cuadro 21 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de hojas

Grupo Duncan	Media	T
A	15.723	3
A	13.983	2
A	13.659	5
A	13.546	1
A	13.284	4

Cuadro 22 A. Comparación de medias mediante la prueba Duncan de la variable; peso seco de coronas

Grupo Duncan	Media	T
A	9.869	3
AB	8.301	5
AB	7.963	2
AB	7.926	4
B	7.044	1