



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.).

REYES LÓPEZ GARCÍA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

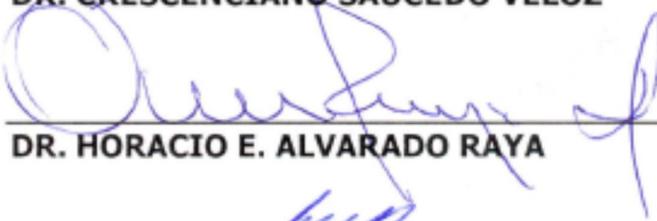
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

La presente tesis titulada: "**MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN FRESA (*Fragaria x ananassa Duch.*)**" realizada por **Reyes López García**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 _____ DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA
ASESOR	 _____ DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ
ASESOR	 _____ DR. HORACIO E. ALVARADO RAYA
ASESOR	 _____ MC. DAVID JAEN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2015

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.)

Reyes López García, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2015.

RESUMEN

En el cultivo de fresa uno de los principales métodos de desinfección aplicados al suelo es el método químico, principalmente con Bromuro de Metilo, Metam Sodio y/o Cloropicrina; sin embargo, debido a los efectos contaminantes que tienen estos productos se ha implementado la aplicación de otros métodos de desinfección como la solarización y la inoculación de microorganismos al suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta fisiológica, y de producción, crecimiento, nutrición y calidad de fruto de los cultivares de fresa Zamorana, Jacona y Festival en los sustratos desinfectados. Se estudiaron dos tipos de sustratos (uno a base de composta y otro sin composta), cuatro métodos de desinfección (químico, físico, micorrizas y *Bacillus subtilis*) y dos testigos (sustratos sin desinfectar). La acumulación total de materia seca fue mayor en el cultivar Zamorana, seguido por Festival y Jacona donde la respuesta dependió de los diferentes sustratos y métodos de desinfección; el uso de micorrizas en el sustrato de peat moss y agrolita tuvo la tendencia a incrementar la materia seca en los tres cultivares. Respecto de la dinámica de producción, en el mes de febrero se tuvieron los más altos rendimientos en los tres cultivares, cuya respuesta dependió de los diferentes sustratos y métodos de desinfección a través de los seis meses de evaluación. El uso de micorrizas en el sustrato elaborado a base de peat-moss y agrolita tendió a incrementar el rendimiento acumulado por planta. En el contenido nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, B en hoja y fruto se mejoró con el sustrato con composta, mientras que el sustrato de peat moss y agrolita mejoró la concentración de Mn en hoja y fruto y la respuesta de los tres cultivares dependió de los diferentes sustratos y métodos de desinfección. No hubo diferencias entre variedades en la tasa de asimilación de CO₂ (Fa), conductancia estomática (g_s), transpiración (E) y eficiencia en el uso de agua (EUA); pero en dos fechas de medición Zamorana se mostró superior. El contenido de azúcares totales (AT) fue mayor en hoja seguido por tallo y raíz donde el cultivar Festival fue el que más acumuló pero el tipo de sustrato y método de desinfección utilizado no afectaron esta variable. En calidad de fruto, frutos del cultivar Festival tuvieron mejor color, más firmeza y un contenido mayor de sólidos solubles totales (SST), y pH mayor comparado con los cultivares Jacona y Zamorana donde el sustrato con composta mejora el contenido de SST y contenido de ácido cítrico; la desinfección con Metam Sodio mejoró variables de color como luminosidad (L) y Chroma.

Palabras clave: acumulación y distribución de materia seca, rendimiento, tasa de fotosíntesis, desinfección de suelos, sustratos, contenido nutrimental.

DISINFECTION METHODS OF SUBSTRATES ON THE PRODUCTION AND
QUALITY IN STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch)

Reyes López García, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2015.

ABSTRACT

Use of Methyl Bromide, Metam Sodium and Chloropicrin is the chemical disinfection method of soil most used in strawberry crops; however, due to their adverse effects to environment, other methods like solarization, and inoculation of microorganisms have been tested. The aim of this work was to evaluate physiology, production, growth, nutrition and fruit quality responses of Zamorana, Jacona y Festival cultivars of strawberry. Two substrates (one with compost and another with not compost), four disinfection methods (chemistry, physical, micorrizae and *Bacillus subtilis*) and two controls (both substrates without disinfection) were studied. Accumulation of dry matter was highest in Zamorana followed by Festival and Jacona cultivars, where the response depended on the type of substrates and disinfection methods used; the use of mycorrhizae in peat moss and perlite substrate tended to increase dry matter in the three cultivars. Regarding production dynamics, the highest yields in all cultivars was obtained in February, whose response over the six months of evaluation period depended on the different substrates and disinfection methods. Inoculation with mycorrhizae in peat moss with perlite substrate increased accumulated fruit yield per plant. Addition of compost to substrate improved leaf and fruit content of N, P, Ca, Mg, Fe y B, while peat moss and perlite substrate improved leaf and fruit content of Mn, and the response depended on different substrates and disinfection methods used. There were no differences in CO₂ assimilation (Fa), stomatal conductance (gs), transpiration rate, and water use efficiency (EUA) between varieties; but in two dates of measurement, Zamorana was superior in Fa. Total sugar content (AT) was highest in leaf followed by stem and root; Festival accumulated had the highest AT. Type of substrate and disinfection method used did not affect AT. In quality parameters, fruits from Festival cultivar had better color, firmness and total soluble solids, and high pH compared with Jacona and Zamorana cultivars where addition of compost substrate improves total soluble solids and citric content; using Metam Sodium to disinfect soil improved fruit color parameters like lightness (L) and chroma.

Index words: dry matter production and partitioning, fruit yield, photosynthesis rate, disinfection method, substrates, mineral content.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado vida, salud y ser mi guía durante toda mi vida porque sin ti yo no soy nadie, muchas gracias por las hermosas bondades que has tenido conmigo y mi familia.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por la oportunidad brindada para seguir mis estudios de postgrado y al desarrollo de la investigación.

En especial al Dr. Guillermo Calderón Zavala por la valiosa asesoría y dirección de esta investigación. Le agradezco por la ayuda brindada durante mi estancia en Colegio así como también por sus valiosos consejos que hicieron de mí una persona distinta a la que antes fuera. También le agradezco la amistad brindada y sobre todo la confianza que deposito en mí en los distintos trabajos.

Al Dr. Horacio E. Alvarado Raya por impulsarme a realizar mi estudios de postgrado así como también la valiosa amistad y consejos brindados durante mi estancia en Chapingo y en el COLPOS por lo cual le agradezco mucho.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz y M.C. David Jaén Contreras por su valiosa asesoría para la realización de este trabajo.

A la Dra. Raquel Cano Medrano por sus valiosos consejos brindados en clase.

Al Dr. Eduardo García Villanueva por su gran amistad y consejos brindados desde la Licenciatura.

A los Doctores Humberto Vaquera y Alfonso Hernández por su valiosa amistad.

Al Dr. Víctor Conde por facilitarme el espacio y material de su laboratorio.

A los trabajadores de campo José Luis, Lupe, Diego y Cornelio por su amistad y ayuda brindada en mi estancia en el Colegio y compañeros (amigos) con los que coincidí en clases..

Al Sr. Gabriel Vázquez y Arturo López por la ayudada dada en el análisis de calidad y nutrimental.

DEDICATORIAS

A mis padres Virginia y Florencio por su infinito amor, cariño y comprensión que siempre tuvieron conmigo así como también grandes enseñanzas y consejos brindados.

A mi hermano por demostrar ser una gran persona y ser valiente en la vida ya que sin

A mis abuelos María de Jesús, Reyes y Enrique por ser como unos padres para mí, que aunque ya no estén físicamente los recuerdo y los llevo conmigo. Gracias por haberme formado en mis primeras etapas de mi vida. A Mi abuela Esperanza por su gran amor brindado.

A mi primo Iván y tío Joaquín por la convivencia que tuve con ustedes y el cariño que siempre tuvieron hacia mí, siempre los recordare como unas personas importantes en mi vida los cuales vivirán siempre en mi corazón

A mis tíos María Eugenia, Hortencia, Silvia, Urbano y Ubaldo por el cariño, amor y apoyo brindado durante en estos 26 años de vida que tengo, ya que siempre me han fortalecido con sus consejos. Solo me basta decirle muchas gracias tíos.

A mis primos Jessica, Jocelyn, Ingrid, Brenda, Nuria y al pequeño Joshua por las grandes vivencias que hemos pasado a través del tiempo.

A Teresa y David por ser unas muy buenas personas conmigo y saber que siempre puedo contar con ustedes.

A María de todos los Ángeles por ser mi gran amiga y compañera durante ocho años de mi vida y por transmitirme buenas enseñanzas con sus consejos.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS	2
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS PARTICULARES	3
JUSTIFICACIÓN	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Situación Actual de la Fresa en el Mundo y en México	5
2.2 Descripción de <i>Fragaria x ananassa</i> Duch.....	5
2.2.1. <i>Fragaria x ananassa</i> Duch. cv. -CP Zamoranaø.....	6
2.2.2. <i>Fragaria x ananassa</i> Duch. cv. Jacona.....	6
2.2.3 <i>Fragaria x ananassa</i> Duch. cv. Festival	6
2.3. Importancia del Uso de los Sustratos en la Producción de Fresa	7
2.4 Importancia del Uso de Métodos de Desinfección del Suelo.....	9
2.4.1 Desinfección del suelo por método químico	10
2.4.2. Desinfección del suelo por método físico	11
2.4.3 Desinfección del suelo por el método biológico	12
2.5 Calidad de Frutos de Fresa	16
2.5.1 Tamaño.....	16
2.5.2 Firmeza.....	17
2.5.3 Color.....	18
2.5.4 Ácidos orgánicos	20
2.5.5 Vitamina C	21
2.5.6 Contenido de solidos solubles totales (SST).....	22
2.5.7 Azúcares	24
2.6 Efecto de la Desinfección de Sustratos en la Nutrición Vegetal en el Cultivo de Fresa.....	25
2.6.1 Nitrógeno.....	27
2.6.2 Fósforo	28
2.6.3 Potasio	29
2.6.4 Calcio	30
2.6.5 Magnesio	30
2.6.6 Boro.....	31
2.6.7 Hierro	31
2.6.8 Manganeso.....	32
2.7 Partición y Acumulación de Materia Seca	32
2.7.1 Factores que afectan la acumulación de materia seca.....	35

2.8 Carbohidratos.....	39
2.9 Fotosíntesis en el Cultivo de Fresa	40
2.9.1 Factores que afectan la tasa fotosintética	41
III. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1 Localización del Experimento	45
3.2 Material Vegetal y Establecimiento del Experimento	45
3.3 Tratamientos y Diseño Experimental.....	45
3.4. Variables a Evaluar	47
3.4.1. Variables de Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de fruto	47
3.4.2. Fotosíntesis	47
3.4.3. Área foliar.....	48
3.4.4. Peso específico de hoja	48
3.4.5. Número de hojas	48
3.4.6. Número de coronas	48
3.4.7. Diámetro de corona.....	48
3.4.8. Longitud de raíz.....	49
3.4.9. Altura de planta.....	49
3.4.10. Índice de verdor	49
3.4.11. Carbohidratos en hoja, raíz y corona	49
3.5. Análisis de Calidad	50
3.5.1. Tamaño de fruto.....	50
3.5.2. Color del fruto	50
3.5.3. Firmeza del fruto.....	50
3.5.4. Contenido de sólidos solubles totales (SST)	51
3.5.5. Acidez titulable.....	51
3.5.6. pH.....	51
3.6. Análisis Nutricional	51
3.6.1. Procesamiento previo de hoja, raíz y corona.....	51
3.6.2. Procesamiento Previo de Fruto.....	52
3.6.3. Nitrógeno.....	52
3.6.4. Fósforo	53
3.6.5. Potasio	53
3.6.6. Calcio, magnesio, manganeso, fierro y boro	53
3.7. Análisis Estadístico	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. Acumulación de Materia Seca	54
4.1.1. Hoja.....	54

4.1.2. Raíz	58
4.1.3. Tallo	63
4.1.4. Fruto	67
4.2. Acumulación y Distribución de Biomasa en el Tiempo	71
4.3. Acumulación y Distribución de Biomasa Total	81
4.4. Componentes del Rendimiento	89
4.4.1. Rendimiento Mensual	89
4.4.2. Rendimiento acumulado.....	93
4.4.3. Peso de fruto	98
4.4.4. Número de frutos	100
4.5. Contenido de Azúcares Totales	104
4.5.1. Hoja.....	104
4.5.2. Raíz	105
4.5.3. Tallo	105
4.5.4. Totales	105
4.6. Respuesta Fisiológica.....	108
4.6.1. Fotosíntesis	108
4.6.2. Conductancia estomática.....	112
4.6.3. Transpiración.....	116
4.6.4. Eficiencia en el Uso del Agua	120
4.7. Variables de Crecimiento	122
4.7.1. Peso Específico de Hoja.....	122
4.7.2. Número de tallos.....	125
4.7.3. Índice de Verdor (Unidades SPAD)	129
4.7.4. Área Foliar.....	133
4.7.5. Altura de Planta	134
4.7.6. Número de Hojas	136
4.7.7. Diámetro de Tallo	138
4.7.8. Longitud de Raíz.....	138
4.8. Concentración Mineral por Órgano	140
4.8.1. Hoja.....	140
4.8.2. Fruto	179
4.8.3. Raíz	200
4.8.4. Tallo	221
4.9. Calidad de Fruto de Fresa.....	232
4.9.1. Diámetro.....	232
4.9.2. Longitud	236

4.9.3. Luminosidad	238
4.9.4. Angulo de tono (°Hue)	240
4.9.5. Pureza.....	242
4.9.6. Firmeza.....	242
4.9.7. Contenido de sólidos solubles totales (SST)	245
4.9.8. Ácido cítrico	247
4.9.9. pH.....	248
CONCLUSIONES	250
LITERATURA CITADA.....	253

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento	47
Cuadro 2. Acumulación de materia seca en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados con diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	59
Cuadro 3. Acumulación de materia seca en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	64
Cuadro 4. Acumulación de materia seca en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	68
Cuadro 5. Acumulación de materia seca en fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	72
Cuadro 6. Rendimiento mensual de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	94
Cuadro 7. Componentes de rendimiento de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	104
Cuadro 8. Acumulación de azúcares totales (AT) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	108
Cuadro 9. Tasa Fotosintética Aparente de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	113
Cuadro 10. Conductancia estomática (g_s) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	117
Cuadro 11. Transpiración (E) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México	121

Cuadro 12. Eficiencia en el uso del agua (EUA) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í 123

Cuadro 13. Peso específico de hoja (PEH) de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í 126

Cuadro 14. Número de tallos (NC) de tres variedades de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í130

Cuadro 15. Índice de Verdor de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í 134

Cuadro 16. Componentes de crecimiento de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í 137

Cuadro 17. Concentración de nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidos en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í 146

Cuadro 18. Concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í ...152

Cuadro 19. Concentración de Fósforo (P) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í .í í í í í í í 157

Cuadro 20. Concentración de calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í ..í í ...í í í í í í 161

Cuadro 21. Concentración de magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í .í í 166

Cuadro 22. Concentración de hierro (Fe) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í .í í í í í í .í í 170

Cuadro 23. Concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í ..í í 176

Cuadro 24. Concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í ..í í í í í í í 180

Cuadro 25. Concentración de nitrógeno (N) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í ..183

Cuadro 26. Concentración de potasio (K) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 186

Cuadro 27. Concentración de fósforo (P) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í ..189

Cuadro 28. Concentración de calcio (Ca) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 191

Cuadro 29. Concentración de magnesio (Mg) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 193

Cuadro 30. Concentración de manganeso (Mn) en fruto de tres cultivares de fresas cultivadas en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í 197

Cuadro 31. Concentración de hierro (Fe) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í ..í í í í í í 200

Cuadro 32. Concentración de boro (B) en fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í ..í í í í í 202

Cuadro 33. Concentración de nitrógeno (N) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í ..í í í 205

Cuadro 34. Concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í .í í í 209

Cuadro 35. Concentración de fósforo (P) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í .í í í í 212

Cuadro 36. Concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í .í í í í í í 215

Cuadro 37. Concentración de magnesio (Mg) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í .í 217

Cuadro 38. Concentración de hierro (Fe) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í ...í í í í í í í í í í ..220

Cuadro 39. Concentración de boro (B) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í 223

Cuadro 40. Concentración de nitrógeno (N) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 225

Cuadro 41. Concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 228

Cuadro 42. Concentración de fósforo (P) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í .í í í 230

Cuadro 43. Concentración de calcio (Ca) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í 232

Cuadro 44. Concentración de boro (B) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í 234

Cuadro 45. Diámetro de fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í .238

Cuadro 46. Longitud de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í í 240

Cuadro 47. Propiedades físicas de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í .í í ..247

Cuadro 48. Propiedades bioquímicas de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í .252

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de hoja (PSH) de tres cultivares de fresa cultivados en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014)í í í í í í í í í í .í í í 57

Figura 2. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014)í .í í í í 57

Figura 3. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í .61

Figura 4. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de raíz (PSR) de tres cultivares de fresa cultivadas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2014). í í í í í í í í í í .61

Figura 5. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013), b) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y c) 405 DDT (9 de Abril de 2014). .66

Figura 6. Efecto de la Interacción variedad x sustrato en el peso seco de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo de 2014. 69

Figura 7. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo.70

Figura 8. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .73

Figura 9. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .74

Figura 10. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) (n=3). .76

Figura 11. Efecto del factor método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013), b) 173 DDT (10 de Agosto de 2013) y c) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) .78

Figura 12. Efecto del factor sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (10 de Agosto de 2013), b) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) y c) 351 DDT (13 de Febrero de 2014)í í í í í í í í í í í í í í í í í í .. 80

Figura 13. Efecto del factor variedad en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013), b) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) y c) 351 DDT (13 de Febrero de 2014)í í í í í í í í í í í í í í82

Figura 14. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5)í í í í í í í í í í í í í ..í í í í í í ..83

Figura 15. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í í í í í í í í í í í í í í ..84

Figura 16. Efecto del factor método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í ..86

Figura 17. Efecto del factor sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í87

Figura 18. Efecto del factor variedad en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. í89

Figura 19. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el rendimiento de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Noviembre 2013. í 91

Figura 20. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el rendimiento de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo. 92

Figura 21. Rendimiento mensual de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 93

Figura 22. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el rendimiento acumulado de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 95

Figura 23. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el rendimiento acumulado de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 96

Figura 24. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el número de frutos de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 102

Figura 25. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el número de frutos por plantas de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 102

Figura 26. Azúcares totales (AT) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 105

Figura 27. Azúcares totales (AT) en hoja, tallo y raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. 107

Figura 28. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la tasa fotosintética aparente (Fa) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). 110

Figura 29. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la conductancia estomática (CE) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). í í í í í114

Figura 30. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la conductancia estomática (CE) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). 115

Figura 31. Efecto de la interacción variedad x método de Desinfección en la Transpiración (E) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). í í í í í í 118

Figura 32. Efecto de la interacción método de variedad x sustrato en la transpiración (E) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). í í í í í í í í í í í í í í í í í 119

Figura 33. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la eficiencia del uso del agua (EUA) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 97 DDT (7 de Junio 2013). í í í í í í í í í 122

Figura 34. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el peso específico de hoja (PEH) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). í í í ...í 124

Figura 35. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre el número de tallos (NC) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014)í127

Figura 36. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el Número de tallos (NC) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). í í í í í í í í í ..128

Figura 37. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre el áreafoliar (AF) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .135

Figura 38. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre la altura de Planta (AP) de tres cultivares de fresa crecidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .136

Figura 39. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el número de hojas (NH) de tres cultivares de fresa producidos en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .138

Figura 40. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre la longitud de raíz (LR) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .141

Figura 41. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre la longitud de raíz (LR) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. .141

Figura 42. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos de desinfección bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 251 DDT (4 de Noviembre de 2013). .142

Figura 43. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). .143

Figura 44. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). .144

Figura 45. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 301 (26 de Diciembre de 2014), b) 351 (13 de Febrero de 2014) y 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í í í ..í í ...148

Figura 46. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 351 DDT (13 de Febrero de 2014). í í í í í í í í í 149

Figura 47. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 351 DDT (13 de Febrero de 2014) y 405 DDT (9 de Abril de 2014). í .149

Figura 48. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Fósforo (P) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (5 de Agosto de 2013) y b) 351 DDT (13 de Febrero de 2014). í 154

Figura 49 Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Fósforo (P) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013) í ..í í í í í í í í í í í í í í í í í í 154

Figura 50. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). í í í í í í í í í í í ...158

Figura 51. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). í 159

Figura 52. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í í í .í í í í í í 163

Figura 53. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 351 DDT (13 de Febrero de 2014) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í í í í í í í í í í í í í í .163

Figura 54. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014)í í í í í í í í í í í í ...í í í í í í í í í í í í ...í í í 164

Figura 55. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Hierro (Fe) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í í í í í í í í í í í í í í .168

Figura 56. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 173 DDT (10 de Agosto de 2013)í .171

Figura 57. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (10 de Agosto de 2013) y 405 DDT (9 de Abril de 2014)í í í í í í í í í í í í í í í í ..172

Figura 58. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). í ...í í 173

Figura 59. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). í í í í í í í í í í í ..177

Figura 60. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 178

Figura 61. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Nitrógeno (N) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013í í í í í í í í í í í ..í 181

Figura 62. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013. í 184

Figura 63. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í 195

Figura 64. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de hierro (Fe) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013. í .198

Figura 65. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de nitrógeno (N) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). í í í í í í í í í í .203

Figura 66. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 206

Figura 67. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos de desinfección bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014).
í ..207

Figura 68. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de fósforo (P) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio). í í í ...í í í í í í í í í í ...210

Figura 69. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 213

Figura 70. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 214

Figura 71. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de hierro (Fe) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013).218

Figura 72. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de boro (B) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 221

Figura 73. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 226

Figura 74. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). 227

Figura 75. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en el diámetro de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í í í í í í í í í í í í 235

Figura 76. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el diámetro de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en los meses de a) Octubre de 2013 y b) Enero de 2014. í í í 236

Figura 77. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la luminosidad (L) de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í í í í í í í í í í í í 241

Figura 78. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en el ángulo de tono (°Hue) de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í í í í í í í í 243

Figura 79. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la firmeza de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í í í í í í í í í í í í í ..245

Figura 80. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el contenido de solidos solubles totales (SST) de fruto de tres cultivares de fresa producidos en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í í í 248

Figura 81. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en pH de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. í 251

I. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una especie que se cultiva en zonas geográficamente diversas que van desde las bajas latitudes tropicales y subtropicales de las zonas continentales (Darnell, 2003). Son frutas populares con gran atractivo visual y deseable sabor, pero son altamente perecederas siendo susceptibles a daños mecánicos, pérdida de agua, decadencia y deterioro fisiológico (Azodanlou *et al.*, 2003; Mitcham, 2004). Debido al rápido incremento de la población mundial y a la gran demanda que tiene esta frutilla en los mercados internacionales principalmente en Estados Unidos de América se deben generar tecnologías que permitan eficientizar el uso de recursos naturales e incrementar la producción de fresa.

Entre las tecnologías utilizadas en fresa se encuentra el uso de sustratos debido a que han llegado a tomar gran importancia en los países europeos, principalmente en los Países Bajos, Bélgica, Francia, Reino Unido, Irlanda y Suiza (Lieten, 2003), ya que en el año 2010 en el este de Europa, la producción de fresa en contenedores excedió las 1600 ha (Lieten, 2013). Las principales ventajas que tiene utilizar sustratos se encuentra la eliminación de fumigantes del suelo, herbicidas y minimiza el uso de fungicidas (Lieten, 2003; Lieten, 2013) así como también permite un mejor consumo de nutrientes y un crecimiento óptimo (Albao *et al.*, 2009).

Entre los sustratos utilizados en fresa se encuentra el peat moss, agrolita, composta, vermiculita, fibra de coco, vermiculita, residuos y materiales orgánicos ya que se ha visto que mejoran características de crecimiento como área foliar, peso seco y fresco, y rendimiento, también a su vez mejora variables de calidad de fruto como el contenido de sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico, ácido ascórbico y pH, tamaño y forma (Ameri *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2010; Wang y Lin, 2002; Tagliavini *et al.*, 2005; Abu-Zahra *et al.*, 2007; Tehranifar *et al.*, 2007; Alvarado *et al.*, 2014; Lieten, 2013; Jafarnia *et al.*, 2010). Sin embargo, debido al alto costo económico que tienen algunos sustratos como el peat moss (turba de Sphagnum), varios países han propuesto encontrar sustratos sustitutos más rentables, donde la composta representa una alternativa a este problema (Lanzi *et al.*, 2009) ya que este tipo de sustratos representan una alternativa a la problemática de desechos orgánicos (Ameri y Tehranifar, 2012). La composta como alternativa del peat moss en contenedores ha demostrado tener un efecto positivo en el crecimiento, rendimiento y mejoran el valor nutritivo, ya que se atribuye que se mejora la estructura física del medio, incrementa poblaciones de microorganismos benéficos y la disponibilidad de sustancias que influyen sobre el crecimiento de la planta producidos por microorganismos en la composta (St Martin y Brathwaite *et al.*, 2012). Otra de las ventajas del uso de composta derivadas de

estiércoles es que tienen un buen control en enfermedades del suelo como *Phythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia minor* (Pane *et al.*, 2011).

Sin embargo, debido a las altas exigencias en los mercados internacionales se requiere preservar la inocuidad y calidad de esta frutilla, por lo que la desinfección de los suelos ha sido ampliamente utilizada para controlar patógenos (Katan, 2005). Entre los principales métodos químicos utilizados en el cultivo de fresa tanto en vivero como un método preventivo es el bromuro de metilo (BM) el cual ha sido utilizado ampliamente aplicado debido a su amplio espectro en el control de plantas (Katan, 2005) y buen control de patógenos transmitidos por el suelo como insectos, nematodos, malezas (Fennimore *et al.*, 2008) y hongos patógenos como *Verticillium dahliae*, *Phytophthora fragariae*, *P. cactorum*, *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp (Iapichino *et al.*, 2008). Sin embargo, debido a que el BM se escapa a la atmósfera y desgasta la capa de ozono, el tratado de Montreal implementó la eliminación gradual en el año 2005 (Iapichino *et al.*, 2008), por lo que se requieren el desarrollo de nuevos métodos de desinfección alternativas al BM ya que sin fumigación en fresa se puede alcanzar una pérdida en la cosecha de alrededor del 50 % (Hancock *et al.*, 2008).

Entre los métodos alternativos al BM se encuentra el uso de la solarización el cual es un método de desinfección del suelo que ha sido utilizado como un tratamiento preventivo para el control de plagas y enfermedades y malezas (Katan *et al.*, 1976; Browne *et al.*, 2002; Mcsorley *et al.*, 2009; Ellmore, 1991) así como también tienen un efecto positivo en el control de hongos patógenos como *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Pythium* sp., nematodos y malezas (Neshev, 2008). Otro de los métodos utilizados para la desinfección de suelos pero en menor cantidad es el uso de microorganismos como las micorrizas, las cuales forman relaciones simbióticas planta-hospedero en el cual reciben compuestos de carbono de las plantas para subsistir y completar su ciclo de vida (Pandey *et al.*, 2007), mejorando el crecimiento de la planta y sirven como protectores contra patógenos (Sanders y Croll, 2010). Debido a la nula información que hay en México sobre el efecto que tienen los sustratos desinfectados en fresa el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto que tienen los métodos de desinfección químico, físico y biológico en la productividad e intercambio gaseoso en fresa producida en contenedores.

HIPÓTESIS

- La desinfección de sustratos utilizados en el cultivo de fresa resulta en incrementos en la acumulación de biomasa en la planta, así como en su rendimiento y calidad de fruto.

OBJETIVO GENERAL

- Comparar la eficiencia de los métodos de desinfección químico, físico y biológico de sustratos para la producción de fresa.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el efecto que tienen los métodos de desinfección químico, físico y biológico en la productividad, producción de biomasa y calidad de frutos de fresa producidos en contenedores.
- Evaluar el efecto que tienen los métodos de desinfección químico, físico y biológico en el contenido de minerales de plantas de fresa.

JUSTIFICACIÓN

La fresa es un cultivo que actualmente ha retomado gran importancia debido a que ha incrementado su área de producción en México en los últimos cinco años y porque es altamente rentable. Debido a la gran demanda de esta frutilla en los mercados internacionales, principalmente Estados Unidos de América, la exigencia para la comercialización es mayor, por lo que se debe tener un sistema de cultivo que resulte en alta productividad y calidad de frutos; así como también se requiere una producción inocua desde el campo, utilizando sustratos rentables, de menor costo e inocuos que afecten positivamente a la planta y fruto durante su crecimiento.

La fresa es un cultivo de alta densidad y manejo intensivo, lo cual resulta en un desgaste rápido del suelo, justificando cada vez más el uso de sustratos y fertilizantes. Para disminuir la incidencia de enfermedades del suelo, cada vez es más obligado el uso de diferentes métodos de desinfección de sustratos que no afecten al ambiente. Por lo anterior, y con vista hacia futuro, es importante generar conocimiento para la producción inocua de fresa y ofrecer alternativas a los métodos de desinfección comercial de sustratos.

Actualmente uno de los métodos de desinfección de sustratos comúnmente utilizado es la desinfección química con Bromuro de Metilo, pero debido al impacto ambiental que este producto genera, se debe sustituir por métodos de desinfección con menos impacto ambiental y de menor costo. Entre los métodos de desinfección alternativos al Bromuro de Metilo se encuentran el uso de microorganismos y la solarización, los cuales están siendo actualmente investigados a nivel global. Estos métodos alternativos son más

rentables y tienen efectos positivos tanto en crecimiento y productividad de la planta como en la calidad del fruto. No obstante lo anterior, en México actualmente no se tiene suficiente información relacionada con la eficiencia de los métodos de desinfección alternativa y su efecto sobre la calidad y productividad de frutos de fresa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación Actual de la Fresa en el Mundo y en México

De acuerdo con datos de FAO, durante el año 2012 el principal productor de fresa en el mundo fue Estados Unidos de América con una producción de 1, 366, 850 ton, seguido por México y Turquía con una producción de 360, 426 y 353, 173 ton, respectivamente. Por otra parte, en el año 2010, México ocupaba el sexto sitio con una producción de 226,657 ton, lo cual significa un incremento en la producción de 37.1% al comparar la producción de 2010 con la de 2012. En lo que respecta a la exportación de fresa en el mundo, el principal exportador es España ya que durante el año 2011, alcanzó un monto de exportación de 231, 732 ton con lo que supera al segundo país exportador que es Estados Unidos de América con un monto de exportaciones de 139, 957 ton. En el caso de la exportación de fresa mexicana en 2011 se ubicó en el quinto sitio, con un monto de 76, 890 ton, lo cual comparado con la exportación en 2010 muestra un incremento del 14.1 % en las exportaciones mexicanas de este fruto, siendo su principal mercado los Estados Unidos de América (E.U.A) (FAOSTAT, 2014).

La fresa es un frutal que se cultiva en México en 11 entidades, de las cuales Michoacán, Baja California y Guanajuato han contribuido con el 95% tanto de la superficie sembrada como de la producción (SAGARPA, 2007). Para el año 2012 el principal estado productor fue Michoacán con una producción de 203, 313.90 ton, seguido por Baja California y Guanajuato con una producción de 111,708 y 19,600 ton, respectivamente. En lo que respecta a rendimiento por superficie (ton/ha), los mejores rendimientos los obtuvo Baja California con 52.2 ton/ha, seguido por Michoacán y Baja California Sur con 43.11 y 39.2 ton/ha, respectivamente; esto se debe principalmente al uso de tecnología avanzada como el uso de túneles, acolchado y un sistema de riego por goteo (SIAP, 2014).

2.2 Descripción de *Fragaria x ananassa* Duch

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) es una especie que se cultiva en zonas geográficamente diversas que van desde las bajas latitudes tropicales y subtropicales de las zonas continentales (México, Colombia, Costa Rica y Guatemala (Darnell, 2003; Darnell *et al.*, 2003), así como en aquellas áreas frías y de elevadas alturas (Polonia, Rusia, Alemania y Bélgica) (Darnell *et al.*, 2003). También es la especie de fresa mayor cultivada en el mundo y es un octoploide con 56 cromosomas originada como un híbrido de dos especies nativas, *F. chiloensis* y *F. virginiana*, las cuales también son octaploides (Hancock *et al.*, 2008; Grant *et al.*, 2010). Las plantas de la especie *Fragaria x ananassa* Duch., son herbáceas de comportamiento perenne, que produce raíces, estolones, flores y un tallo llamado corona (Bringhurst y Voth, 1984).

2.2.1. *Fragaria x ananassa* Duch. cv. ĬCP ZamoranaĐ

La planta es vigorosa, la cual produce frutos grandes de color rojo intenso, brillosos, con poco o ningún hueco con un aspecto entre cónica y cordiforme. Es un cultivar de día corto con frutos firmes similares o superiores al cultivar Camarosa. Es buena productora de plantas hijas de vivero con estolones gruesos y fuertes. No muestra diferencias con materiales comerciales en cuanto a resistencia o sensibilidad a plagas como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), ácaros (*Tetranychus urticae*), Trips (*Frankiniella* sp.) y mosquita blanca; ni a enfermedades como Cenicilla (*Sphaerotheca macularis*), Botrytis (*Botrytis cinérea*), Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) *Rizhoctonia* sp., *Phitophthora* sp., Mancha Bacteriana (*Xanthomonas fragariae*) y virosis. Al igual que la mayoría de los materiales comerciales de día corto, si la temperatura ambiental se eleva al final del ciclo (Marzo-Mayo), la fruta presenta deformaciones por una polinización deficiente, siendo más marcado en macrotúneles con deficiencias de ventilación (Calderón *et al.*, 2009).

2.2.2. *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Jacona

La planta y fruta del cultivar Jacona son muy similares a las del cultivar Zamorana por provenir del mismo grupo de progenitores. Es un material de día corto, con frutos firmes, cónicos y cordiformes, rojo brillante, con poco o ningún hueco central los cuales son adecuados para su exportación en fresco. Es buena productora de plantas hijas en vivero, estolones fuertes y de gran vigor. Presenta relativa sensibilidad a enfermedades como cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) y mancha angular (*Xanthomonas fragariae*) pero no muestra diferencias en cuanto a sensibilidad a plagas como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), ácaros (*Tetranychus urticae*), Trips (*Frankiniella* sp.) y mosquita blanca; ni a enfermedades como Botrytis (*Botrytis cinérea*), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) *Rizhoctonia* sp., *Phitophthora* sp., mancha bacteriana (*Xanthomonas fragariae*) y virosis. Como cualquier material de día corto, bajo condiciones de alta temperatura, la fruta puede deformarse por una polinización deficiente pero presenta menor porcentaje de fruto deforme que Camarosa (Calderon *et al.*, 2009).

2.2.3 *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Festival

El cultivar de fresa Festivalqes originado a partir de la cruce entre los cultivares Rosa Lindaqy Osso Grandeq en el programa de mejoramiento de la Universidad de Florida U.S.A. La planta es vigorosa y tiende a producir numerosos estolones. La longitud promedio de peciolo es de 120 mm y la longitud media y lo ancho de los foliolos es de 78 y 73 mm para foliolos terminales respectivamente, y 69 y 72 mm para foliolos secundarios. Es un cultivar de día corto con frutos unidos a pedicelos largos. El tamaño

de fruto primario es de 188 hasta 240 mm de largo, donde la ramificación de la inflorescencia usualmente se lleva a acabo cerca de la corona y su forma es cónica. El peso promedio de Festivalqes similar al del cultivar Sweet Charlieq El color externo de la fruta madura es de color rojo oscuro y brillante; sin embargo, el color interno es de color rojo brillante. Además, el fruto cuenta con una textura firme y un sabor excelente. Es susceptible a pudrición de fruto causado por *Colletotrichum acutatum* Simmonds, pudrición de corona (*Colletotrichum gloeosporodies* Penz) y la mancha bacteriana (*Xanthomonas fragariae* Kennedy & King). Festivalqes menos susceptible a Botrytis (*Botrytis cinérea*) en comparación con otros cultivares comerciales como Sweet Charlieq y menos susceptible a cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) en comparación a Camarosaq Esta variedad es relativamente susceptible a ácaros (*Tetranychus urticae*) (Chandler *et al.*, 2000).

2.3. Importancia del Uso de los Sustratos en la Producción de Fresa

El uso de sustratos en fresa ha llegado a tomar gran popularidad e importancia en los países europeos, principalmente en los Países Bajos, Bélgica, Francia, Reino Unido, Irlanda, Italia y Suiza (Lieten, 2003). Para el año 2010 en el Este de Europa, la producción de fresa cultivada en sustratos excedió las 1600 ha (Lieten, 2013).

Johnson *et al.* (2010) mencionan que el sustrato debe cumplir cuatro características importantes: 1) retención de agua y nutrientes, 2) proporcionar buena aireación al sistema radical, 3) de peso ligero, 4) libre de microorganismos patógenos y sustancias que son tóxicas para las plantas.

Las ventajas que tiene el uso de sustratos es la eliminación de fumigantes del suelo, herbicidas, y minimiza el uso de funguicidas, demostrando así una alternativa para la producción de fresa (Lieten, 2003; Lieten, 2013). También permite un mejor consumo de nutrientes y un crecimiento óptimo (Albaho *et al.*, 2009). Otra de las ventajas que tiene el uso de sustratos en la producción de fresa, es que los frutos de fresa que provienen de ser cultivados en sustratos pueden ser más limpios y con una maduración más uniforme debido a que están más expuestos al aire (Lieten, 2013). Por otra parte, el uso de contenedores o bolsas, aíslan plantas infectadas de una y otra y evitan futuras diseminaciones de infecciones como enfermedades de la raíz (*Phytophthora*, *Verticillium*) (Lieten, 2003; 2013). Además, el uso de sustratos como peat moss, agrolita, composta, fibra de coco, vermiculita, residuos y materiales orgánicos etc., mejoran características de crecimiento como área foliar, peso seco y fresco, y rendimiento, también a su vez mejora variables de calidad de fruto de fresa como °Brix, AT (acidez titulable), pH, ácido ascórbico (Vitamina C) tamaño y forma

(Wang y Lin, 2002; Tagliavini *et al.*, 2005; Abu-Zahra *et al.*, 2007; Tehranifar *et al.*, 2007; Hargreaves *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010; Ameri y Tehranifar, 2012;).

Entre las desventajas que tiene al utilizar sustratos en la producción de fresa, está la ruptura de frutos, lo cual puede ser causado por exceso de riegos y condiciones climáticas extremas (Lieten, 2003). Otra de las desventajas que tiene este método de producción, es que los sustratos son muy sensibles a las fluctuaciones de temperatura (Jafarnia *et al.*, 2010; Lieten 2013), trayendo como consecuencia bajos rendimientos, debido a que las altas temperaturas en las raíces pueden acelerar el crecimiento vegetativo (Lieten, 1996; Lieten, 2003; Lieten; 2013). Las fresas cultivadas en sustratos son muy sensibles a la salinidad y al exceso o deficiencia de macronutrientes (Si) y de microelementos (Cl, Fe, Zn, B y Mn), así como también al pH (Lieten, 2013).

Hay una gran variedad de sustratos en los que se encuentran, la perlita, vermiculita, ~~%peat moss+~~ (Katan, 2005; Lieten, 2013), fibra de coco, corteza de pino, residuos orgánicos y materiales orgánicos composteados (Jafarnia *et al.*, 2010), hojas de ciprés y roble (Yavari *et al.*, 2009) así como una combinación de éstos. En este sentido, entre los materiales más comunes para la producción hortícola y fresa en contenedores se encuentra la turba o ~~%peat moss+~~, el cual está elaborado a base del musgo *Sphagnum* que se encuentra en regiones húmedas y frías de Norteamérica y en el norte de Europa. Jafarnia *et al.* (2010) encontraron en fresa cultivada en ~~%peat moss+~~ que el 100% incrementó el número de estolones, número de coronas en comparación de las relaciones 80%+20% y 60%:40% perlita y ~~%peat moss+~~; sin embargo, estas últimas relaciones incrementaron el contenido de sólidos solubles totales (SST). Pero las desventajas de la utilización del ~~%peat-moss+~~ como sustrato en México incluyen su alto precio y su difícil disponibilidad, ya que es un producto de importación y actualmente con regulaciones ambientales (Reivère *et al.*, 2008; Jafarnia *et al.*, 2010).

Varios países se han propuesto encontrar sustratos sustitutos del ~~%peat+~~ para la producción y se han estudiado diversos materiales, entre ellos la perlita y zeolita (Jafarnia *et al.*, 2010), fibra de coco, compostas y vermicompostas (Tehranifar *et al.*, 2007; Hargreaves *et al.*, 2008; Lanzi *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2010; ; Ameri y Tehranifar., 2012). Se ha observado que las plantas de fresa del cultivar Camarosa, cultivada en contenedores con fibra de coco y perlita en una relación 40% y 60% respectivamente, aumenta el número de frutos por planta, teniendo consigo un mejor rendimiento; incrementándose a su vez la cantidad de sólidos solubles totales (SST) en fruto (Tehranifar *et al.*, 2010).

En el caso de fresa, también se ha reportado el uso de la composta como sustrato y es considerada como un sustituto al ~~%peat moss+~~. La composta es también una alternativa a la problemática de la generación de desechos orgánicos (Ameri y

Tehranifar, 2012). El uso de composta como alternativa del peat en contenedores han mostrado que tiene un efecto positivo en el crecimiento, rendimiento y mejoran el valor nutritivo, ya que se atribuye que se mejora la estructura física del medio, incrementa poblaciones de microorganismos benéficos y la disponibilidad de sustancias que influyen sobre el crecimiento de la planta producidos por microorganismos en la compostas (St Martin y Brathwaite *et al.*, 2012). Otra de las ventajas del uso de composta derivadas de estiércoles es que tienen un buen control en enfermedades del suelo como *Phythium ultimum*, *Rhizoctonia.solani* y *Sclerotinia minor* (Pane *et al.*, 2011). El uso de composta como sustrato en el cultivo de fresa también mejora la capacidad antioxidante de los frutos y el contenido de Vitamina C (Hargreaves *et al.*, 2009), el contenido de fenoles, flavonoides y antocianinas en frutos de fresa (Wang y Lin *et al.*, 2003). En el caso de vermicompostas, Singh *et al.* (2008) y Singh *et al.* (2010) demostraron que mediante su uso en el cultivo de fresa se incrementa el peso seco de la planta, el rendimiento y número de frutos por planta, así como también se reduce la incidencia de desórdenes fisiológicos en frutos como albinismo, malformación del fruto y la incidencia de moho gris, mejorando variables de calidad como el contenido de sólidos solubles totales (SST), color, firmeza y reduce el contenido de ácido cítrico.

No obstante las ventajas encontradas en el uso de compostas en el cultivo de fresa, otros estudios también han mostrado los pocos beneficios de ésta al utilizarla para controlar enfermedades del suelo en la producción de fresa en sustratos. Leonor *et al.* (2007), encontraron que el uso de composta no mejora características de crecimiento como peso seco de hoja, raíz y corona, área foliar y rendimiento en comparación con los sustratos fumigados con Telone-C35 (control químico) y *Trichoderma hamatum* (control biológico) en dos años de evaluación. Por su parte, Sances y Ingham (1996) también demostraron, que los más altos rendimientos en fresa se obtuvieron cuando se aplicó bromuro y Cloropicrina (75:25) en comparación con las diferentes compostas elaboradas a base de brócoli y composta a partir de desperdicios de hongos.

2.4 Importancia del Uso de Métodos de Desinfección del Suelo

La desinfección del suelo es un método sofisticado y caro, pero efectivo y que ha sido ampliamente utilizada para controlar patógenos (Katan, 2005). En el caso del Bromuro de Metilo, debido a su prohibición en la fumigación, se ha estimulado el desarrollo de nuevos métodos de desinfección y variedades resistentes para hacer frente a la necesidad de fumigantes, ya que sin fumigación, puede alcanzar una pérdida en la cosecha de alrededor del 50% (Hancock *et al.*, 2008). La fresa es un cultivo que responde favorablemente a la desinfección del suelo, mostrando rendimientos que se incrementan hasta en un 45% comparado con otras plantas (Porter y Mattner, 2002).

Katan (2005) menciona que cualquier alternativa al Bromuro de Metilo tiene que cumplir dos características: 1) un amplio espectro de efectividad en el control de plagas, incluyendo patógenos, nemátodos, enfermedades y malezas y, 2) los efectos secundarios y las limitaciones se deben de conocer a través de su uso.

Al combinar métodos de desinfección, se tiene que considerar la dosis, la secuencia de aplicación y costos (Kant, 2005). Por ejemplo al combinar Bromuro de Metilo o Metam Sodio con solarización se reduce la dosis y los resultados son mejor que un método solo (Eshel *et al.*, 2000).

2.4.1 Desinfección del suelo por método químico

El Bromuro de Metilo (BM) es un fumigante efectivo, que es aplicado al suelo antes de la plantación con el objetivo de controlar patógenos transmitidos por el suelo como insectos, nemátodos y malezas (Fennimore *et al.*, 2008), ya que éste cuenta con un amplio espectro en el control de plagas (Katan, 2005), y se utiliza en cultivos altamente rentables los cuales incluyen, vegetales, vivero de plantas, ornamentales, árboles frutales, fresas y uvas (Zasada *et al.*, 2010).

BM ha sido utilizado en el cultivo de fresa tanto en vivero como un método preventivo para el control de malezas, plagas y enfermedades del suelo incluyendo nemátodos en vivero de fresa con el objetivo de producir estolones de alta calidad (Sances e Ingham, 1996; Kabir *et al.*, 2005;). Sin embargo, se ha implementado nuevas alternativas en la desinfección del suelo para el cultivo de fresa como la solarización, rotación de cultivos, biofumigación, así como también el uso de compostas (Zasada *et al.*, 2010).

El BM es usado por los productores de fresa con el objetivo de controlar los principales hongos patógenos transmitidos por el suelo como *Verticillium Verticillium dahliae*, *Phytophthora fragariae*, *P. cactorum*, *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.*) y nemátodos como *Meloidogyne spp.* (Iapichino *et al.*, 2008).

En Estados Unidos de América (EUA), los cultivos de Tomate y Fresa utilizan Bromuro de Metilo como método de desinfección en los suelos en un 30 y 19% respectivamente (Carpenter *et al.*, 2001). De acuerdo con un reporte del Departamento de Regulación de Pesticidas de California (2006) menciona que de los 7.1 millones de libras de BM utilizadas en California en 2004, los productores de fresa aplicaron 3.2 millones de libras al suelo representando el 45%.

Existen otros productos químicos capaces de sustituir al Bromuro de Metilo y son actualmente utilizados en fresa como Cloropirina (tricloronitrometano), Metam Sodio (N-metilditiocarbamato de sodio), formalina, 1,3- dicloropropano (1,3-D), yoduro de metilo (Kant, 2005; Fennimore *et al.* 2008; Samtani *et al.*, 2011) y Dazomet (3,5 -Dimetil

tetrahydro-1,3, 5,2 H-tiadiazina-2-tiona) (Zasada *et al.*, 2010). De ellos, Cloropicrina es considerado un método eficaz contra patógenos fúngicos, el cual se degrada rápidamente a la luz del sol (EXTOXNET, 2001), pero tiene un menor efecto en el control de nemátodos y malezas (Himelrick y Dozier, 1991; Duniway, 2002). Por su parte, Metam Sodio es menos costoso que los demás fumigantes químicos y controla malezas (Googhue *et al.*, 2005), pero no proporciona un adecuado control contra *Verticillium*, la cual es una de las principales enfermedades de fresa (Fennimore *et al.*, 2008).

Debido a que el Bromuro de Metilo se escapa a la atmosfera y desgasta la capa de ozono, el tratado de Montreal implementó la eliminación gradual en el año 2005, pero el tratado permite excepciones para usos críticos y cuarentenarios (Iapichino *et al.*, 2008; Steven *et al.*, 2008). Por lo anterior, actualmente, unos de los principales temas en la agricultura en los recientes años, ha sido el desarrollo de nuevas alternativas al Bromuro de Metilo.

2.4.2. Desinfección del suelo por método físico

La solarización es un método de desinfección de suelo que ha sido utilizado desde 1976 como un tratamiento del suelo preventivo (Katan *et al.*, 1976; Browne *et al.*, 2002). Es un método físico, el cual se ha visto con un buen control de nemátodos, enfermedades del suelo y para el control de malezas (Ellmore, 1991; Mcsorley *et al.*, 2009), así como también, mejora el crecimiento de la planta, incrementa la concentración de minerales, mejora la estructura del suelo y estimula en crecimiento de microorganismo benéficos en el suelo utilizado en el cultivo de fresa (Iapachino *et al.*, 2008). Yates *et al.* (2011) clasifican a la solarización como un proceso pasivo debido a que el calentamiento del suelo se lleva a cabo mediante una entrada directa de la energía solar la cual se trasporta a través de difusión térmica.

Este método puede afectar plagas transmitidas por el suelo (malezas, nemátodos, enfermedades), considerando que muchas prácticas de control de plagas pueden estar limitadas en su eficacia únicamente a tipos específicos de plagas (Mcsorley *et al.*, 2009). El éxito de la solarización se debe a que la mayoría de los patógenos del suelo y plagas son mesófilos, los cuales no pueden sobrevivir a temperaturas superiores de 31-32°C. Es efectivo para el control de patógenos como *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Pythium* sp., nemátodos y malezas (Neshev, 2008).

Se ha reportado que este método es efectivo en el manejo de una gran variedad de nemátodos en algunas ornamentales en Florida; así como también se reporta que este método reduce la presencia de *Phytophthora* en el cultivo de bígaro de Madagascar (*Catharanthus roseus* (L) G. Don) y disminuye la presencia de *Rhizoctonia*

(podrición de corona) y *Pythium* spp., en *impatiens* (*Impatiens x wallerana*) (McGovern *et al.*, 2000; McGovern., 2002).

En el Valle central de California, la solarización del suelo reduce densidades de población de *M. incognita* y de otros nemátodos (Stapleton, 1987; Stapleton y Heald, 1987), incluyendo además *Tylenchulus semipenetrans*; sin embargo, en las regiones costeras donde se producen fresas y flores, la solarización no es un método efectivo en la reducción de *T. semipenetrans* (Zasada *et al.*, 2003). Por lo anterior, Zasada *et al.* (2010) sugieren en su revisión, que debe haber una combinación de métodos de desinfección para aquellos medios ambientes marginales, con el objetivo de disminuir el tiempo de duración del tratamiento o mejorar la supresión de nemátodos (Stapleton, 2000)

En Florida, Overman *et al.* (1987) y Albregts *et al.* (1996) y encontraron que la solarización tuvo un efecto igualmente positivo en los rendimientos del cultivo de fresa cuando compararon con Bromuro de Metilo, aunque, otros reportes como los de López-Aranda *et al.* (2002) y Bartual *et al.* (2002) observaron que la solarización fue menos efectiva en fresa en comparación con el Bromuro de Metilo, atribuyéndole al tipo de suelo y condiciones climáticas del sitio de prueba, así como también la duración del tratamiento de solarización.

2.4.3 Desinfección del suelo por el método biológico

2.4.3.1 Micorrizas. Los hongos micorrízicos son importantes y significantes componentes biológicos de la rizósfera, los cuales interactúan con las raíces de las plantas y forman relaciones simbióticas planta-hospedero (Pandey *et al.*, 2007), mejorando notablemente el crecimiento de la planta y sirven como protectores contra patógenos (Sanders y Croll, 2010).

Estos hongos, proporcionan un mejor acceso en aquellos recursos del suelo limitados, tales como minerales a la planta. Las micorrizas reciben compuestos de carbono de las plantas para subsistir y completar su ciclo de vida (Pandey *et al.*, 2007). De acuerdo al tipo de colonización de células huésped se pueden identificar dos tipos de micorrizas: ectomicorrizas y micorrizas arbusculares. Las ectomicorrizas no penetran las células huésped, pero forman una cubierta alrededor de las raíces y únicamente atraviesa las capas corticales de las raíces en los espacios intercelulares formando una interfaz llamada "red de hifas". Por su parte, las hifas de las micorrizas arbusculares penetran en las células y forman estructuras intercelulares como espirales o arbusculos (Pandey *et al.*, 2007), las cuales tienen dos rutas para la absorción de los nutrientes: 1) directamente a través de la epidermis de la raíz y de los pelos radicales y/o 2) a través de la hifa de las micorrizas arbusculares, en las células corticales de la

raíz, donde los arbuscúlos o espirales de hifas proporcionan interfaces simbióticas (Smith y Smith, 2011). El uso de micorrizas puede proporcionar una alternativa a los fertilizantes y pesticidas en los sistemas de producción de cultivos (Matsubara *et al.*, 2009).

Los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) pertenecen al Filum *Glomeromycota* (Gosling *et al.*, 2006; Smith y Smith, 2011) representando el grupo más importante de la flora microbiana del suelo en un 80% de las especies de plantas terrestres (Smith y Smith, 2011), las cuales son utilizadas para la inoculación de muchas especies de plantas incluyendo la fresa (Gryndler *et al.*, 2002; Fan *et al.*, 2008), ya que tiene un efecto positivo en el crecimiento y contenido mineral en las plantas (Gryndler *et al.*, 2002), mejorando principalmente el consumo de fósforo (P) (Nowak, 2004).

Los AMF tienen la capacidad de formar una relación simbiótica con raíces de numerosas especies de árboles, que pueden mejorar el crecimiento, contenido nutricional y tolerancia al estrés del medio ambiente (estrés del agua y salinidad del suelo), así como también incrementa resistencia a enfermedades del suelo (Smith y Read, 1997; Pozo *et al.*, 2002; Wiseman y Wells, 2005) y, de insectos que se alimentan del follaje (Gange y West, 1994). Además las micorrizas arbusculares son importantes para eficientizar el consumo de nutrientes y muy especialmente de Fósforo (P) ya que mucho de los fósforos aplicados a través de fertilizantes sintéticos son rápidamente fijados en formas insolubles como sales Ca, Fe y Al (Sharma y Adholeya, 2000; Sharma y Adholeya, 2004; Podeszinski *et al.*, 2002). También las micorrizas mejoran el consumo de nitrógeno (Nowak, 2004; Cavagnaro *et al.*, 2006), e incrementan la capacidad fotosintética (Borkowska, 2002).

De acuerdo a la revisiones realizadas por Gosling *et al.* (2006) y Harrier y Watson (2004) mencionan que las micorrizas suprimen algunas enfermedades del suelo como *Sclerotium cepivorum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Helicobasidium mompa*, *Rhizoctonia solani*, *Aphanomyces euteiche*, *Cylindrocladium*, *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Thielaviopsis* y varios nemátodos. Por su parte, Whipps (2004) menciona que el uso de micorrizas tiene un buen control en patógenos del suelo como *Sclerotium cepivorum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Helicobasidium mompa*, *Rhizoctonia solani* y *Aphanomyces euteiches* en cultivos como cebolla, espárrago, frijol, tomates entre otros. En fresa se ha reportado que el uso de micorrizas suprime hongos patógenos como *Fusarium wilt* y antracnosis (Li *et al.*, 2006; Matsubara *et al.*, 2009). Cordier *et al.* (1996) y Davies y Menge (1980) demostraron una competencia localizada entre micorrizas y *Phytophthora sp.*, así como también observaron que el desarrollo de *Phytophthora* se redujo por la colonización de las micorrizas. Sin embargo, Ozgonen y Erkilic (2007) reportaron que la promoción del

crecimiento y la tolerancia de *Phytophthora capsici* no tuvieron una correlación con el nivel de colonización de micorriza en el cultivo de pimiento. Las AMF tienen un efecto antifúngico contra patógenos y enfermedades del suelo como lo demostraron Li *et al.* (2010), quienes al inocular AMF en estolones de fresa, disminuyeron la incidencia y severidad de los síntomas en brotes y raíces de *Fusarium oxysporum* f.sp. *fragariae* y *Colletotrichum gloesporioides*, incrementando materia seca en raíces y brotes en un 40% antes y después de inocular con los patógenos antes mencionados en comparación con aquellos estolones no tratados. Los autores mencionan que las plantas con AMF, mostraron un incremento en la actividad de superóxido dismutasa (SOD), la actividad de captación de radicales DPPH, contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico, cuando estas fueron inoculadas con los patógenos y antes de la inoculación estas no incrementaron las anteriores variables. Tobar *et al.* (1994) reportan en fresa, que los nitratos pueden ser movilizados del suelo y ser transferidos a la planta por la hifa externa de la micorriza arbuscular, mejorado así el flujo de N a la planta que contiene las micorrizas.

Por su parte, Matsubara *et al.* (2009) observaron en fresa, que mediante el uso de dos especies de micorrizas: *Glomus mosseae* (Gm), *Glomus aggregatum* (Ga), incrementaron materia seca y la concentración de P de brotes y raíces. Además, incrementaron la concentración de aminoácidos (Asparagina, ácido glutámico, glicina, citrolina, alanina, leucina, arginina y GABA).

La colonización en forma natural de AMF va a depender de la especie que se esté tratando, tal y como lo demostraron Derkowska *et al.* (2008), quienes estudiaron la colonización natural de AMF de las raíces de manzana cv. 'Golden Milenium+' y fresa cv. 'Kent+', encontrando que las raíces de fresa se inocularon más (32-87%), siendo significativamente mayor que las raíces de manzano (3-25%), concluyendo los autores que estas diferencias se deben a las diferentes características morfológicas de las dos especies estudiadas y de la diferencia en el tamaño de los respectivos sistemas radiculares.

Fan *et al.* (2008) demostraron que la inoculación de hifa-fresca de AMF en fresa, incrementa el peso seco de la planta en un 31%, así como también mejoró el contenido de nitrógeno (47%) y fósforo (57%) en hojas, raíces y coronas; así como también incrementó la tasa fotosintética (71%), conductancia estomática y tasa de transpiración. Sin embargo, no hubo un efecto significativo en el rendimiento comparadas con el testigo (sin inoculación de AMF). El autor concluyó, que la inoculación con hifa-fresca de AMF mejora el crecimiento y el consumo de nutrientes en fresa.

El uso de micorrizas arbusculares-vesiculares (VAM) incrementa en el contenido de pigmento en la hoja, acelera la acumulación de praliné libre y proteína soluble, mejora

el transporte de azúcares solubles, restringe la descomposición de clorofila y eficientiza la actividad de H⁺-ATPasa (Yin *et al.*, 2010).

Sin embargo, el uso de micorrizas tiene un efecto en la calidad de frutos de fresa como lo demostró Castellanos-Morales *et al.* (2012) quienes encontraron diferencias significativas entre frutos cultivados en plantas tratadas con AMF+6 mmol de N, incrementándose los compuestos fenólicos y algunos minerales, así como también tuvo efecto en algunos parámetros del color.

Cecik y Yilmaz (2011) encontraron que mediante la aplicación de micorrizas (*Glomus clarum* y *Glomus caledonium*) y aplicaciones de P (10, 30 y 60 ppm) hubo una disminución significativa en el contenido de sólidos solubles totales y pH en frutos de fresa en comparación con el testigo (sin AMF y P), mientras que la acidez titulable no hubo efecto significativo en los cultivares Camarosa y Maraline. Por otra parte, las micorrizas incrementaron el rendimiento y el número de frutos por planta en el cultivar Maraline, sin embargo, en las variables de crecimiento (número de hojas, coronas y estolones) no hubo un efecto significativo en ambos cultivares.

2.4.3.2 *Bacillus subtilis*. Otra forma biológica de desinfectar el suelo, es a través del uso de bacterias como *Bacillus subtilis*, las cuales mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo, balancean la producción de hormonas promotoras del crecimiento como la auxina, citocininas, etileno y giberelinas, y producen sustancias antagónicas a los patógenos como antibiótico. Muchos estudios han demostrado que la inoculación en plantas o en el suelo con bacterias benéficas mejoran el crecimiento de la planta (Jhonson, 2009; Zhao *et al.*, 2011; Mcorley *et al.*, 2009).

En el caso de fresa se ha observado que la inoculación con *Bacillus subtilis* FZB24-WG en las plantas, tiene un efecto significativo, incrementando el rendimiento por planta (367 g/planta), peso fresco de fruto (17.2g), peso fresco de la planta (200 g) y el peso seco de la raíz (20.4 g) (Tahmatsidou *et al.*, 2006).

Por su parte, Zhang *et al.* (2012) mostraron en fresa, que el bioagente *Bacillus subtilis* TS06 demostró ser un potente inhibidor de *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae* en un 65.96 y 68.45 % respectivamente y esto se realizó en condiciones de invernadero, por lo que el autor recomienda que *Bacillus subtilis* TS06 puede ser utilizado en la producción de fresa como agente de control de las enfermedades antes mencionadas.

Además las cepas de *Bacillus subtilis* son utilizadas para el control de enfermedades postcosecha, como lo demostró Hang *et al.* (2005), quienes al utilizar la cepa *Bacillus subtilis* S1-0210 (10⁵ conidios/mL), tuvieron un efecto inhibitorio contra *Botrytis cinerea* hasta en un 70% en frutos cultivados en campo abierto, mientras que en condiciones controladas (invernadero y contenedores) esta bacteria tuvo un efecto

inhibitorio contra este hongo en un 85-89%, concluyendo el autor que esta cepa pudiera ser un efectivo agente de control contra *Botrytis cinérea*.

2.5 Calidad de Frutos de Fresa

La calidad de consumo de frutos de fresa es importante ya que determina el valor de las nuevas variedades producidas en los programas de mejoramiento (Kafkas *et al.*, 2007). De acuerdo a Kafkas *et al.* (2007) el sabor, dulzor y acidez son los tres componentes principales de la calidad organoléptica de fruto, donde los consumidores prefieren fresas con un buen dulzor el cual está positivamente correlacionado con los azúcares solubles totales y fructosa (Shaw, 1990).

2.5.1 Tamaño

El tamaño del fruto es la característica más importante en los cultivares y selecciones de fresa, ya que determina la productividad y una buena apariencia para el consumidor. Es una característica cuantitativamente heredable, donde seis a ocho pares alélicos que controlan la expansión del fruto (Hancock 1999; Hancock *et al.*, 2008).

Hortyfiski *et al.* (1991) observaron diferentes factores que tienen efecto en el tamaño de fruto de fresa en los que se encuentran: 1) la posición de frutos en la inflorescencia, 2) la dimensión del receptáculo, 3) número de aquenios y 4) número de inflorescencias. Los mismos autores también mencionan que los frutos más grandes son aquellos provenientes de plantas con más follaje, con mayor área fotosintética, de peciolo más gruesos y hojas con menor número de estomas. Lo anterior coincide con lo reportado por Abbott *et al.* (1970), donde concluyeron que el tamaño de fruto depende de dos factores: 1) número de aquenios y el 2) grado de desarrollo del receptáculo asociado con cada aquenio. El tamaño de frutos de fresa está altamente correlacionado con el número de aquenios por baya, el cual está determinado durante el desarrollo flores. Además, el tamaño depende fuertemente del número y tamaño de célula, los cuales van a depender del cultivar (Guiwen and Breen, 1992).

Uno de los factores que afecta el tamaño de fruto es la aplicación de reguladores de crecimiento como auxinas, giberelinas y citocininas los cuales tienen por objetivo de mejorar el tamaño de la fruta (Banday *et al.*, 2005; Stern *et al.*, 2007). Banday *et al.* (2005) encontraron que las aplicaciones de 25 ppm de GA₃ en la etapa de formación de la flor incrementó el diámetro y tamaño de fruto en los cultivares de fresa Confitura y Brighton.

Sin embargo, Larson y Shaw (2000) reportan que el tamaño del fruto de fresa depende de factores como genéticos, fisiológicos y ambientales. Por su parte, Wang y Camp (2000) encontraron que temperaturas por encima de 30°C tiene un efecto

significativo en el tamaño ya que su crecimiento se ve afectado y reducen el tamaño de la fruta.

Estudios previos realizados en fresa han demostrado que diferentes sustratos tienen un buen efecto en el tamaño y forma de fruto de fresa como lo reportado por Tehranifar *et al.* (2007) quienes encontraron que el cultivar Selva tuvo los frutos más largos en comparación con los cultivares Gaviota y Camarosa cuando se plantó en sustratos elaborados a base de peat moss+(67%)+arena (33 %), fibra de coco (100%), y peat moss+(40 %)+agrolita (60 %). Sin embargo, los mismos autores encontraron que frutos con malformaciones se encontraron en mayor porcentaje (75.3 %) cuando el cultivar Camarosa fue plantado en arena (100 %), mientras que en el cultivar Selva se encontraron el menor porcentaje de frutos malformados (10.8 %) cuando se utilizó fibra de coco (100 %). Por su parte, Marinou *et al.* (2013) no encontraron diferencias significativas en la longitud de frutos de fresa del cultivar Aromas cuando se cultivaron en sustratos elaborados a base de fibra de coco, aserrín y piedra pomex; sin embargo, los sustratos elaborado a base de fibra de coco y aserrín (1:1) y el sustrato elaborado a base de piedra pomex mejoraron significativamente el diámetro de los frutos con respecto a los sustratos elaborados a base de aserrín (100%), piedra pomex y aserrin (1:1) y fibra de coco y piedra pomex (1:1) los cuales tuvieron frutos con menor diámetro.

Por otra parte, Alvarado *et al.* (2014) reportaron que el uso de composta, peat moss+y agrolita (2:1:1) en frutos de fresa del cultivar Jacona mejoró significativamente el diámetro de fruto en comparación con las diferentes mezclas entre la composta, peat moss+y agrolita.

2.5.2 Firmeza

La firmeza de la pulpa y la dureza de la epidermis son variables que regularmente se relacionan positivamente y generalmente son heredados cuantitativamente (Hancock *et al.*, 2008). Esta es una variable de calidad importante que se utiliza para monitorear el ablandamiento del fruto y para la predicción de daños durante la cosecha y su manejo postcosecha (Valero *et al.*, 2007). También es utilizada para describir las propiedades mecánicas de la fruta que se esté tratando (Gunnness, 2009).

El ablandamiento en el fruto de fresa, está fuertemente relacionado con la liberación de pectinas y hemicelulosa (Hancock, 1999), así como otro grupo proteico llamadas expansinas, las cuales son un grupo de proteínas con una desconocida actividad enzimática y estas están relacionadas con la expansión celular y se cree que juegan un papel importante en la firmeza.

Harrison *et al.* (2001) identificaron y caracterizaron un número de genes de expansina (*FaExp2* a *FaExp7*) en frutos de fresa, los cuales probablemente inducen la

extensión de la pared celular en condiciones de *in vitro*. Sin embargo, Dotto *et al.* (2006) demostraron que existe una correlación entre los niveles de expresión de genes y la firmeza de fruto de fresa para FaEXP1, FaEXP2 y FaEXP5, mientras que los genes FaEXP4 y FaEXP6 no se encontró una correlación con la firmeza. De acuerdo a los autores, la expresión de estos genes dependerá del cultivar y condiciones ambientales.

También se ha reportado que existe una interacción entre el método usado para medir firmeza y el genotipo concluyendo que el nivel de firmeza de frutos de una variedad de fresa depende, en parte, del método usado para medirla (Khanizadeh *et al.*, 2000). Estudios realizados por Singh *et al.* (2007) y Wójcik y Lewandowski (2003) han relacionado que la aplicación de Calcio (Ca) en frutos de fresa incrementan la firmeza, aumentando la vida postcosecha del fruto de fresa.

La temperatura es una variable importante a considerar teniendo un efecto negativo en la firmeza, ya que se ha reportado que frutos de fresa expuestos a 45°C durante 2 y 4 horas disminuyen la firmeza significativamente en comparación con aquellos que no se exponen a esta temperatura (Musto y Satriano, 2010).

Se ha demostrado que el uso de lixiviados derivados de vermicomposta en fresa incrementa la firmeza en frutos en comparación cuando únicamente se aplica agua (Singh *et al.*, 2010). Por su parte, Singh *et al.* (2008) encontraron que la firmeza de frutos de fresa se incrementaron cuando al suelo se le adicionó 7.5 y 10 ton/ha de vermicomposta en comparación con nutrientes inorgánicos.

Alvarado *et al.* (2014) reportaron que la firmeza de frutos de fresa del cultivar Jacona se mejoraron cuando se utilizó 25 % de composta, 37.5 % ~~peat moss~~ y 37.5% de agrolita en comparación con las diferentes mezclas utilizadas. Lo anterior coincide por lo reportado por Hammad *et al.* (2014) los cuales encontraron que la adición de composta en el suelo a diferentes dosis (8.3 kg/m² y 12.5 kg/m²) mejoraron significativamente la firmeza en frutos de fresa del cultivar Festival comparado con el control (sin composta).

2.5.3 Color

El color tiene un papel importante en la elección de alimentos, teniendo una influencia en los umbrales del gusto, la percepción de la dulzura, la preferencia de los alimentos, lo agradable y la aceptabilidad. En sentido cuantitativo, el color ha demostrado ser capaz de sustituir el azúcar y aun así mantener la percepción del dulzor en alimentos que tienen mucho sabor (Clydesdale, 1993). Por otra parte, Kader (1999) menciona que en las frutas, el color de la epidermis es utilizado como un índice de madurez para frutas como chabacano, nectarina, fresa, persimonia, ciruela, frambuesa y fresa.

El desarrollo del color rojo en el fruto de fresa, se da a través de la producción de antocianinas. La antocianina que se encuentra en mayor proporción en un rango de 77-90% es Pelargonidina-3-glucosidasa (Pg-3-gl) (Hancock, 1999; Lopes da Silva *et al.*, 2007; Bakker *et al.*, 1994), la cual fue por primera vez reportada por Robinson y Robinson (1931). La segunda antocianina más común que se encuentra en frutos de fresa es Pelargonidina-3-rutinosida (6-11%), seguido por Cianidina-3-glucosidasa (Ci-3-gl) en un rango de 3-10% (Lopes da Silva *et al.*, 2007). Sin embargo, Goiffon *et al.* (1999) indican que pelargonidina-3-arabinosidasa es la tercera antocianina presente en frutos de fresa. También se ha reportado otro tipo de antocianinas en frutos de fresa como Pg-3-acetil-glucosidasa (Lopes da Silva *et al.*, 2002), cianamida-3-manonil-glucosidasa (Lopez da Silva *et al.*, 2007), Cianidina-3-rutinosida (Bridle y Garcia-Viguera, 1997), pelargonidina-3-succinil-glucosidasa (Bakker *et al.*, 1994).

Reportes en fresa, como el de Reganold *et al.* (2010), mencionan que frutos de fresa desarrollados en sistemas orgánicos (no fumigación del suelo, ni adición de composta y ni uso de fertilizantes orgánicos) disminuye la luminosidad (L, Brillantez) y el color rojo (Hue) en comparación cuando se utilizó un sistema convencional (fertilizantes orgánicos e inorgánicos, fumigación del suelo con Bromuro de Metilo y uso de pesticidas). Sin embargo, no encontraron diferencias en la intensidad de color externo de la fruta (Chroma) entre los dos sistemas de producción. También mencionan los autores que a pesar de que el color rojo oscuro no resultó en la preferencia de los panelistas del análisis sensorial en los cultivares Lanai y San Juan los cuales fueron cultivados en un sistema orgánico, los panelistas prefirieron la apariencia de color de frutos del cultivar Diamante los cuales fueron cultivados en un sistema orgánico. Por su parte, Ayesha *et al.* (2011) no encontraron diferencias en Luminosidad, Chroma y °Hue entre frutos de fresa cultivadas en suelos con diferentes estiércoles y en aquellas plantas cultivadas sin estiércol.

Alvarado *et al.* (2014) demostraron que la adición de 75% de composta, 12.5 % de ~~peat moss~~ y 12.5 % de agrolita en el sustrato, mejoró significativamente la variable Luminosidad (L) en frutos de fresa del cultivar Jacona, mientras que en las variables Chroma y Hue no hubo diferencias entre las diferentes mezclas de sustratos. Sin embargo, en experimentos anteriores realizados en fresa cultivados con acolchado orgánico de paja en comparación con acolchado de plástico, han encontrado un incremento en la intensidad de color (mayores valores de Chroma) y en la coloración roja (menores valores de °Hue) pero no tuvieron efecto significativo en la brillantez (L) (Wang *et al.*, 1998).

Singh *et al.* (2010) no encontraron diferencias en la Brillantez de frutos de fresa (L) cuando se aplicaron de forma foliar lixiviados de vermicomposta y cuando se aplicó

únicamente agua, pero si encontraron diferencias en la coloración de los frutos, en el cual, plantas con lixiviados de vermicomposta mejoraron el color rojo de los frutos con respecto cuando únicamente se aplicó agua. Por su parte, Singh *et al.* (2008) encontraron que la brillantez del fruto de fresa fue mayor cuando al suelo se le adicionó 10 ton/ha de vermicomposta en comparación cuando al suelo se le aplicó nutrientes inorgánicos.

2.5.4 Ácidos orgánicos

El ácido cítrico, es el principal ácido orgánico que se encuentra en mayor concentración en los frutos de fresa, el cual comprende el 88% del total de los ácidos (Hancock, 1999). Este ácido es un elemento importante en el metabolismo de carbono de las plantas superiores, el cual proporciona electrones para la fosforilación oxidativa en el interior de la membrana mitocondrial e intermediario de la biosíntesis de aminoácidos (Schnarrenberger y Martin, 2002). El segundo ácido más común de encontrar en un fruto de fresa, es el ácido málico (Holcroft y Kader, 1999; Ruan *et al.*, 2013). Sin embargo, se ha reportado la presencia de otros ácidos orgánicos en fresa en menor cantidad como el tartárico, oxálico, fumárico (Sturm *et al.*, 2003; Koyuncu y Dilmacunal, 2010) y elálgico, el cual es un metabolito secundario polifenólico, que es considerado como un anticancerígeno (Hancock, 1999; Kalt, 2001; Häkkinen *et al.*, 1999).

Estudios en fresa realizados por Wang y Lin (2002) han demostrado en fresa que el uso de composta y suelo (1:1) mejoran el contenido de ácido cítrico en los cultivares Honeoye y Allstart en comparación cuando se cultivaron únicamente en suelo (100 %) y composta (100 %). Lo anterior coincide por lo reportado por Wang y Millner (2009) los cuales encontraron que el uso de composta incrementa el contenido de ácido cítrico en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Chandler en comparación cuando se utilizó un ~~100 %~~ ^{100 %} ~~peat moss~~ ^{peat moss}. Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) no reportaron diferencias significativas en el contenido de ácido cítrico en las diferentes mezclas de sustratos en los cuales se utilizó composta, ~~peat moss~~ ^{peat moss} y agrolita como sustratos; sin embargo, mencionan que el ácido cítrico tiende a incrementar con la incorporación de composta al sustrato.

Por su parte, Abu-Zahra *et al.* (2007) observaron que el menor contenido de ácido cítrico en frutos de fresa del cultivar Honor fue menor cuando se aplicó 4.5 kg de materia orgánica/m², mientras que la mayor concentración de este ácido fue cuando los frutos crecieron bajo un sistema convencional (uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos).

También se ha reportado que el uso de lixiviados derivados de vermicomposta en fresa disminuye el contenido de ácido cítrico en frutos de fresa del cultivar Chandler en comparación cuando únicamente se aplica agua (Singh *et al.*, 2010). Sin embargo, Singh *et al.* (2008) encontraron que el contenido de ácido cítrico fue mayor cuando al suelo se le adicionó 7.5 y 10 ton/ha de vermicomposta en comparación cuando se adicionaron nutrientes inorgánicos.

Se ha demostrado que otros sustratos tienen la capacidad de mejorar el contenido de ácido cítrico como lo encontrado por Marinou *et al.* (2013) quienes observaron que frutos de fresa del cultivar Aromas cultivados en el sustrato elaborado a base de aserrín tuvieron un mayor contenido de ácido cítrico en comparación con frutos cultivados en sustratos elaborados a base de piedra pomex y aserrín (1:1) y fibra de coco y piedra pomex (1:1) en los cuales los frutos tuvieron un menor contenido de ácido cítrico.

Cekic e Yilmaz (2011) encontraron en fresa que la inoculación de micorrizas (*Glomus clarum* y *Glomus caledonium*) no afectó significativamente el contenido de ácido cítrico en frutos de los cultivares Camarosa y Maraline en comparación cuando no las plantas no se inocularon.

2.5.5 Vitamina C

Ácido ascórbico, el cual es el nombre común del sexto carbono de azúcar derivado de L-treo-hex-2-enono-1,4-lactona, comúnmente conocido como Vitamina C. Este compuesto tiene una importante capacidad antioxidante y funciones metabólicas, por lo que se ha incorporado a la dieta del ser humano (Cruz-Rus *et al.*, 2011). Es una vitamina hidrosoluble presente en frutas y vegetales (Streif *et al.*, 2010), siendo uno de los más abundantes antioxidantes de bajo peso molecular de las plantas, el cual ejerce un papel importante en la detoxificación de especies reactivas de oxígeno (ROS) como el peróxido (H_2O_2) generados debido a factores de estrés (Mellidou *et al.*, 2012). Vitamina C es un cofactor de enzimas involucradas en la regulación de fotosíntesis, biosíntesis de hormonas, regeneración de otros antioxidantes, además regula la división celular y crecimiento y está involucrado en la traducción de señales celulares (Gallie, 2013).

La biosíntesis del ácido ascórbico en el fruto de fresa, ocurre a través del ácido-D-galacturónico, el cual es el principal componente de las pectinas de la pared celular, aislando y caracterizando *GalUR*, un gen de la fresa que codifica una D-galacturónico reductasa dependiente de NADPH, ya que la sobre expresión de este gen incrementa el contenido de ácido ascórbico de 2 a 3 veces en toda la planta (Agius *et al.*, 2003).

Lee y Kader (2000) indican que el contenido de Vitamina C en frutas y vegetales está influenciado por varios factores como genotípicas, prácticas culturales y condiciones climáticas, etapa de madurez, métodos de cosecha y manejo postcosecha. También mencionan, que el contenido de este puede incrementarse aplicando menos frecuencia de riego.

Otro factor importante a considerar es la exposición de frutos a altas temperatura y largas duraciones de almacenamiento las cuales afectan el contenido Vitamina C. También, los altos niveles de CO₂ puede acelerar la pérdidas gradual de Vitamina C. Nunes *et al.* (1995) mencionan que la tasa de degradación del ácido ascórbico depende de varios factores como la temperatura, agua y pH.

En frutos de fresa la concentración varía entre 9.15 y 20.27 g/kg en madurez de consumo. Mientras tanto, Cordenunsi *et al.* (2002) reportan un valor de contenido de ácido ascórbico en seis variedades siendo de 60 mg/100mg; sin embargo, el cultivar Campineiro alcanzó un valor de 85 mg/100 mg. Los autores concluyen que el contenido de Vitamina C está en función del cultivar.

Reganold *et al.* (2010) encontraron en frutos de fresa que el contenido de ácido ascórbico aumenta cuando se cultivan en un sistema orgánico (no fumigación del suelo, adición de composta y uso de fertilizantes orgánicos) hasta en un 9.8 % en comparación cuando se utiliza un sistema convencional (fertilizantes orgánicos e inorgánicos, fumigación del suelo con Bromuro de Metilo y uso de pesticidas).

Por su parte Singh *et al.* (2010) demostraron que el uso de lixiviados derivados de vermicomposta en fresa, incrementa el contenido de ácido ascórbico en los frutos. Lo anterior coincide con lo reportado por Singh *et al.* (2008) quienes encontraron que el contenido de Vitamina C fue mayor cuando al suelo se le adicionó 7.5 y 10 ton/ha de vermicomposta comparado cuando únicamente se aplicaron nutrientes inorgánicos.

Abu-Zahra *et al.* (2007) encontraron que el contenido de Vitamina C en frutos de fresa del cultivar Honor fueron mayor cuando se aplicó 4.5 kg de materia orgánica/m² en comparación con el sistema convencional (uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos) donde los frutos tuvieron el menor contenido de Vitamina C.

2.5.6 Contenido de sólidos solubles totales (SST)

Los azúcares solubles totales en frutos son carbohidratos de bajo peso molecular, donde hay muchos sólidos solubles, los cuales están relacionados con el dulzor, sabor, aroma, atractivo color y textura (Rodas *et al.*, 2013). Por su parte, Lima e Silva *et al.* (2006) y Perez-Cayo *et al.* (2013) observaron que el contenido de sólidos solubles totales (SST) muestra una relación altamente positiva con el contenido de azúcares y es una importante variable de calidad a considerar.

En fresa se han reportado diferencias en el contenido de SST entre cultivares y tiempos de cosecha (Ruan *et al.*, 2013). El contenido de sólidos solubles totales continuamente incrementa durante el desarrollo de fruto, de 5% (fruto verde) a 6-9% (Frutos rojos) (Hancock, 1999).

Estudios realizados por Wang y Lin (2002) demostraron en fresa que el uso de composta y suelo (1:1), mejoraron el contenido de sólidos solubles totales en frutos de los cultivares Honeoye y Allstart en comparación cuando se cultivaron únicamente en suelo (100 %) y composta (100 %). Por otra parte, Wang y Millner (2009) encontraron que el uso de composta incrementa los SST en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Chandler en comparación cuando se utilizó un *raised bed*. Además, observaron que la adición de vinagre en la composta disminuye significativamente los SST. Hammad *et al.* (2014) encontraron que la adición de composta en el suelo a diferentes dosis (8.3 kg/m² y 12.5 kg/m²) mejora significativamente el contenido de SST en frutos de fresa del cultivar Festival en comparación con el control (sin composta). Por su parte, Alvarado *et al.* (2014) reportaron que la adición de composta incrementa significativamente los SST cuando al sustrato se le adiciona composta en comparación con aquellos sustratos sin composta. Abu-Zahra *et al.* (2007) encontraron que los SST en frutos de fresa del cultivar Honor fueron mayor cuando se aplicó 4.5 y 6 kg de materia orgánica/m² en comparación cuando se aplicaron 1.5 y 3 kg de materia orgánica/m².

Singh *et al.* (2008) encontraron que los SST fueron mayores cuando se le adicionó 7.5 ton/ha de vermicomposta en comparación cuando se adicionaron nutrientes inorgánicos. Se ha demostrado que el uso de lixiviados derivados de vermicomposta en fresa, incrementa el contenido de SST en frutos comparado cuando se aplica agua (Sight *et al.*, 2010).

Por su parte, Jafarnia *et al.* (2010) encontraron en fresa que el sustrato elaborado a base de perlita (60 %) y *peat moss* (40 %) incrementó significativamente el contenido de SST en comparación cuando los frutos crecieron en el sustrato elaborado únicamente de perlita (100 %) en los cultivares Fresno, Selva y Kordestan. También Tehranifar *et al.* (2007) reportaron en fresa que el uso de perlita como sustrato (100 %) incremento significativamente el contenido de SST en los cultivares Gaviota, Camarosa y Selva. Sin embargo, Marinou *et al.* (2013) no encontraron diferencias en el contenido de SST en frutos de fresa del cultivar Aromas cuando se cultivaron en sustratos elaborados a base de aserrín, piedra pomex y fibra de coco así como también en las diferentes mezclas de estos sustratos. También se reporta en el cultivo de tomate que el contenido de SST se incrementa cuando se utiliza fibra de coco como sustrato en comparación cuando se utilizó perlita, rockwool, corteza de ciprés y cáscara de arroz carbonizado (Inden y Torres, 2004).

Por otra parte, Cekic e Yilmaz (2011) encontraron en fresa que la inoculación de micorrizas (*Glomus clarum* y *Glomus caledonium*) resultó en una disminución de SST en frutos de los cultivares Camarosa y Maraline en comparación cuando no se inocularon. Se ha reportado que plantas de frambuesa (Malling Autumn Bliss) inoculadas con *Glomus mosseae* tuvieron frutos con menor contenido de SST en comparación con aquellas plantas sin inocular. Los autores concluyen que *Glomus mosseae* y el fruto pudieran haber competido por fotoasimilados (Campos *et al.*, 2004). Un aumento en la temperatura, es el principal factor responsable de un menor contenido de SST en frutos de fresa en un sistema de producción subtropical (Mackenzie *et al.*, 2011). Sin embargo, otro factor que puede disminuir el contenido de SST y acidez titulable es la carga de fructificación de plantas siendo que a mayor número de frutos por planta menor contenido de SST y AT (Correia *et al.*, 2011). Pérez-Cayo *et al.* (2013) encontraron que las altas temperaturas a finales de Febrero (2012) contribuyeron a una reducción en el contenido de SST en todos los genotipos de fresa evaluados.

2.5.7 Azúcares

Se ha reportado en frutos de fresa que glucosa, fructosa y sacarosa son los tres azúcares de gran importancia, representando el 99% de los azúcares solubles, siendo glucosa y fructosa los que comprenden más del 80% de los azúcares totales y el 40% en peso seco total., mientras que Sacarosa representa del 17-20% (Hancock, 1999; Cordenunsi *et al.*, 2002; Strum *et al.*, 2003; Kafkas *et al.*, 2007; Ruan *et al.*, 2013). Glucosa y fructosa son los carbohidratos primarios, los cuales están involucrados en la osmoregulación, representando más del 50% del total del potencial osmótico. Sin embargo, la proporción de cada azúcar soluble puede cambiar en las diferentes etapas de crecimiento, alcanzando sus máximos valores cuando está completamente maduro, pero se ha detectado que glucosa y fructosa son encontrados en igual o similar concentración (Maas *et al.*, 1996; Hancock, 1999; Cordenunsi *et al.*, 2002; Kafkas *et al.*, 2007). Se ha reportado que durante el proceso de maduración, existe una disminución del contenido de sacarosa y muestra una ligera acumulación hasta la mitad de desarrollo de fruto y a su vez hay un incremento en el contenido de glucosa y fructosa (Kafkas *et al.*, 2007; Ferreyra *et al.*, 2007; Strum *et al.*, 2003; Forney y Breen, 1986).

También se ha mencionado que los cultivares de día neutro (verbearing) como Cirafine, Anabelle, Charlotte, Flamenco y Goha tienen un mayor contenido de azúcares (Sacarosa, Fructosa y Glucosa) en comparación con los cultivares de día neutro (day-neutral) como Monterrey, Portola, Albión y San Andreas (Ruan *et al.*, 2013). Pérez-Cayo *et al.* (2013) encontraron diferencias significativas en el contenido de azúcares totales en las selecciones avanzadas de la Universidad de Florida, donde FL 06-38, FL 09-127

y FL 10-47 y el cultivar Festival mostraron una disminución constante en azúcares totales, mientras que FL 07-193 mostró tener una concentración constante en azúcares totales a través del tiempo (Enero y Febrero, 2011-12).

Las altas temperaturas, así como la etapa de desarrollo de la planta, traen como consecuencia un bajo contenido de azúcares y sólidos solubles totales (Mackenzie y Chandler, 2009; Perez-Cayo *et al.*, 2013; Ruan *et al.*, 2013;) y ácidos orgánicos (Ruan *et al.*, 2013).

2.6 Efecto de la Desinfección de Sustratos en la Nutrición Vegetal en el Cultivo de Fresa

Uno de los principales factores a considerar en el cultivo de fresa es las interacciones entre los elementos minerales y el suelo, ya que esta, afecta el balance de nutrientes de la planta, y aumenta la competencia entre nutrientes (Erdal *et al.*, 2004). Otra de las características de los nutrientes, es que su concentración puede variar por factores como: ambientales, propiedades fisicoquímicas del suelo, genotipos, y prácticas culturales. Sin embargo, existen diferencias de consumo de nutrientes en cada variedad de fresa por lo que conocer la dinámica de consumo de nutriente nos permite saber la sincronización que tienen, así como también las necesidades de consumo (Hancock, 1999; Tagliavini *et al.*, 2005; Demirsoy *et al.*, 2010).

En fresa, tener un buen control de la nutrición es importante ya que permite conocer el efecto que tiene en importantes variables como el rendimiento, calidad de fruto, número de estolones, fotosíntesis, contenido de clorofila y acumulación de materia seca (Hancock, 1999; Cárdenas-Navarro *et al.*, 2006; Tabatabaei *et al.*, 2006; Yavari *et al.*, 2009; Esringü *et al.*, 2011; Choi y Lee, 2012).

Se ha mencionado que el contenido mineral en frutos de fresa depende del cultivar y del sistema de producción, en el cual se ha observado que un sistema convencional incrementa el contenido de P, K, Mg, Fe, Cu y Zn mientras que frutos crecidos en un sistema orgánico tuvieron mayor concentración mineral de los anteriores elementos (Kristol *et al.*, 2013)

Por otra parte se ha reportado que el contenido de Ca en hoja de fresa se incrementa significativamente cuando se utiliza fibra de coco como sustrato en comparación cuando se utilizó ~~peat moss~~ y corcho. También se ha observado que el contenido de N en hoja de fresa es mayor cuando las plantas son cultivadas en fibra de

coco como sustrato, mientras que el menor contenido de N se ha encontrado cuando se utiliza corcho como sustrato (Recamales *et al.*, 2007).

Kanazirska *et al.* (1997) reportaron una disminución en el intercambio de potasio en sustratos elaborados a base de perlita y mezclas de perlita/zeolita en pepino. Por su parte, Sonstebly *et al.* (2004) encontraron que la adición de corteza de picea disminuyó la concentración de N en hoja de fresa, pero incrementó el contenido de P y K en tres años de evaluación.

Wang y Lin (2002) demostraron que el uso de composta como sustrato incrementa la concentración de N, P y K pero disminuye la concentración de Mn, Fe, Mo y Ni en frutos de dos cultivares de fresa (Allstar y Honeoye). Sin embargo, se ha observado que la incorporación de composta al sustrato no tiene efecto significativo en el contenido nutrimental en hojas de fresa del cultivar Jacona en N, P, K, Fe y B, mientras que el Mn disminuye significativamente con la adición de composta al sustrato (Alvarado *et al.*, 2014).

Hargreaves *et al.* (2009a) y Hergreaves *et al.* (2009b) han demostrado que la incorporación de compostas al suelo no afecta el contenido de minerales en hojas de fresa, pero si llega a afectar el contenido de minerales en el suelo después del segundo año de incorporación. Por su parte, Gliessman *et al.* (1990) indicaron que los análisis foliares del contenido nutrimental en hoja de fresa, la tasa de absorción de nutrientes no fue significativamente afectado por la aplicación de materia orgánica.

Singh *et al.* (2010) reportaron que el uso de lixiviados derivados de la vermicomposta mejoró significativamente la concentración nutrimental en hoja y fruto de N, P, K y Ca comparado cuando únicamente se utilizó agua. Por su parte, Ameri y Tehranifar (2012) encontraron que la concentración de N, P y K en hoja de fresa se incrementaron cuando se aplicó ácido húmico a una concentración de 10 ppm. Sin embargo, Pilanal y Kaplan (2003) encontraron que el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Cu en hojas de fresa no fueron afectados significativamente por la aplicación de ácido húmico en forma líquida y sólida, mientras que aplicaciones líquidas de ácidos húmicos tuvieron un efecto significante en el contenido de Zn en hojas causando una disminución de este elemento.

El efecto de las micorrizas en la concentración mineral en el cultivo de fresa ha sido reportado por Gunes *et al.* (2009) los cuales demostraron que mediante la inoculación de microorganismos como *Bacillus FS-3* incrementa la concentración mineral de N, P, K, Ca y Fe en hoja y fruto de fresa. Por su parte, Orhan *et al.* (2006) reportaron en frambuesa que la adición de *Bacillus M3* o OSU-142 incrementa las concentraciones de Fe y Mn en las hojas, mientras que la aplicación de ambos microorganismos al mismo tiempo incrementa la concentración de N, P y Ca.

Paraskevopoulou *et al.* (1997) encontraron en plantas de fresa de los cultivares Chandler, Tudla y Selva inoculadas con *Glomus macrocarpum* absorbieron del 11 a 50 % más P que aquellas plantas no inoculadas, mientras que la absorción de Cu y Zn disminuyó significativamente por la inoculación de *Glomus macrocarpum*.

Fan *et al.* (2008) encontraron en fresa que la concentración de N y P en raíz, hojas y tallo se incrementó por la inoculación de micorrizas de hifas frescas comparado con los que no tenían. Cimen *et al.* (2010) reportaron en tomate que la inoculación de micorrizas (*Glomus intraradices*) mejoró la concentración en hoja de P, K, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu en comparación cuando no se inocularon, mientras que el contenido de B fue mayor en aquellas plantas sin inocular.

Sin embargo, se ha reportado que las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y Na no fueron estadísticamente diferentes en hojas y raíces de plantas de fresas del cultivar Ken, cuando fueron inoculadas con *Glomus intraradices* comparado con plantas no inoculadas (Hernandez-Sebastia *et al.*, 1999). Lo anterior fue similar a lo encontrado por Castellanos-Morales *et al.* (2010) quienes no encontraron diferencias significativas en la concentración de Na, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en frutos de fresa cuando se inocularon micorrizas (*Glomus intraradices*) con respecto cuando no se inocularon; sin embargo, la micorriza incrementó la concentración de K y Cu. En otros cultivos como el maíz se ha reportado bajas concentraciones de Cu, Zn, Mn y Fe cuando fueron inoculadas con micorrizas (Liu *et al.*, 2000).

En otros sistemas de producción de fresa, Reganold *et al.* (2010) encontraron que fresas cultivadas en un sistema convencional (uso de Bromuro de Metilo con o sin Cloropicrina y fertilizantes inorgánicos) mejoró la concentración de N, P, K y Mg en frutos y hoja comparado con el sistema orgánico. Por su parte, Grünzweig *et al.* (1999) demostraron que la solarización en el cultivo de jitomate incrementó el contenido de N, K y Cu, mientras que el contenido de Cl y SO₄ disminuyó.

2.6.1 Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un elemento importante debido a que es necesario en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (Xu *et al.*, 2012), coenzimas y de otros productos derivados del metabolismo secundario (Castellanos *et al.*, 2012). También se ha relacionado que el nitrógeno está relacionado con la acumulación y peso seco de las plantas (Lemaire *et al.*, 1984; Lemaire *et al.*, 1985). Castellanos-Morales *et al.* (2012) mencionan que el contenido de nitrógeno en fresa disminuye cuando la planta incrementa su peso seco aun cuando esté disponible.

Tiene un efecto positivo en el cultivo de fresa en variables como el rendimiento, peso fresco y seco de fruto, tamaño y longitud de fruto, índice de verdor, tasa

fotosintética (Pn), área foliar, variables de calidad como AT, SST y hay un aumento en la concentración de Calcio (Ca) en fruto cuando se utiliza relación 25 NH₄:75 NO₃ (Tabatabaei *et al.*, 2006).

Nestby *et al.* (2005) mencionan que el N tiene un efecto en la firmeza, tamaño, enfermedades y desordenes fisiológicos, y componentes químicos como la acidez titulable. Por su parte, Childers (2003) reporta que este elemento reduce significativamente el tamaño de fruto y rendimiento del cultivo de fresa. Un efecto que tiene al incrementar la concentración de N en forma de amonio (NH₄) en la solución nutritiva, disminuye la concentración de Ca en frutos, y a su vez reduce la vida postcosecha (Tabatabaei *et al.*, 2006).

También se ha relacionado N con el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en fresa como lo reportado por Nam *et al.* (2006) observando que al incrementar concentraciones de N (30 mM) y P (3 mM) se incrementa la incidencia de *Colletotrichum gloeosporioides*, además mencionan que a elevadas concentraciones de N se incrementa significativamente el peso seco de las plantas de fresa.

2.6.2 Fósforo

Fósforo (P) es un elemento requerido para todos los procesos de desarrollo y reproducción en las plantas y principal componente de los fertilizantes. Fosfato inorgánico (Pi, ortofosfato, H₂PO₄), la cual es la única forma en la que el P puede ser asimilado por las plantas (López-Arredondo *et al.*, 2014). Es importante para la constitución de componentes celulares fundamentales, los cuales incluyen los fosfolípidos, ácidos nucleicos, membrana y ATP. Además es importante en la regulación de muchas reacciones enzimáticas y en el proceso de transducción de señales (Chio y Lin, 2011).

Choi y Lee (2012) encontraron en fresa que soluciones nutritivas con 4 y 2 nM de P, disminuyeron el crecimiento, incrementaron P pero las plantas tuvieron clorosis intervenal. No disminuyeron los micronutrientes en Fe, Cu, Mn y Zn, pero la cantidad absorbida por el tejido de la planta por encima del suelo disminuyó entre los tratamiento, concluyendo el autor que conocer la concentración de micronutrientes es un buen indicador de la deficiencia de P inducida por micronutrientes. Además la acumulación de materia seca se vio afectada cuando se aplicó 4 y 6 nM en la solución nutritiva. Por su parte, Nam *et al.* (2006) encontraron que al aplicar 0.75, 1 y 3 nM de P al sustrato en fresa, incrementa la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y materia seca de la planta.

Ulrich *et al.* (1980) reportan que una deficiencia de este elemento tiene un efecto en las flores y frutos tendiendo a ser más pequeños de los normal, siendo además susceptibles a desordenes fisiológicos, principalmente albinismo.

Este elemento tiene un efecto significativo al incrementar el P alcanzando un rendimiento de 94 g/maceta cuando se aplica a 200 kg P/ha. Sin embargo con el uso de microorganismos como *Bacillus* FS-3 y *Aspegillus* FS9, se reduce el gasto de P de 149 Kg P/ha y 102 kg P/ha respectivamente. También el uso de *Bacillus* FS-3 incrementa la concentración de nutrientes (N, P, K, Ca y Fe) en fruto y hoja de fresa (Gunes *et al.*, 2009).

2.6.3 Potasio

Potasio (K⁺), uno de los cationes más abundantes en plantas superiores (Wang y Hu, 2013; Schachtman y Shin, 2007), participa en muchos procesos fisiológicos como el consumo de dióxido de carbono (CO₂), regula la apertura de los estomas (Demirsoy *et al.*, 2010), la fotosíntesis y transporte/translocación de asimilados y es un elemento determinante del rendimiento en un cultivo (Wang y Hu, 2013). También, regula la osmosis y presión de turgencia, así como también la disponibilidad de este optimiza la entrada de agua en las células (Eshghi *et al.*, 2012). Tiene una gran influencia en procesos como activación de ciertas enzimas, transporte de membrana, regulador de presión de turgencia y potencial de la membrana (Tsay *et al.*, 2011). Sin embargo, una de las características sobresaliente de este elemento, es que no es metabolizado o incorporado dentro de otras moléculas a diferencia de los otros macronutrientes (Schachtman y Shin, 2007). Además es requerido como un cofactor de más de 40 enzimas (Taiz y Zeiger, 2010)

Este elemento tiene un efecto negativo en el color, deficiente textura y en un insípido sabor (Ulrich *et al.*, 1980). Sin embargo, Childers (2003) reporta que con una deficiencia de K en fresa se ve afectada la calidad de fruto, así como el rendimiento

Se ha reportado que a una dosis excesiva de K en fresa, cultivada en sustrato (20 y 30 nM), incrementa la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y materia seca de la planta (Nam *et al.*, 2006). También este elemento se ha relacionado en el incremento de materia seca y las concentraciones de clorofila, cuando se adiciona 3 mM de K₂SO₄ en la solución nutritiva y en el rendimiento, y también, reduce el efecto de alta salinidad y alto pH (Kaya *et al.*, 2002).

Eshghi *et al.* (2012) mencionan que en el cultivo de fresa en condiciones de producción se ha visto que, K (1.5 % KNO₃) mejora características morfológicas y de

rendimiento como en el área foliar, longitud de raíces, número de flores e inflorescencias en comparación con otros tratamientos como Dormex, ácido gibérelico y aceite Volk.

2.6.4 Calcio

Calcio (Ca^{2+}) es un elemento que puede presentarse como ion libre o en forma absorbida (Alcántar y Trejo, 2007). Es utilizado en la síntesis, estabilización y mantiene la integridad de la pared celular (Chen *et al.*, 2011), específicamente en la lámina media que separa células recién divididas. Además se le ha relacionado en el uso mitótico durante la división celular (Taíz y Zaiger, 2002). Por otra parte, ha sido implicado como un mensajero secundario y como un ion de señalización muy versátil (Dodd *et al.*, 2010) y es usado en diversas respuestas de las plantas como como señales hormonales, ambientales (Sanders *et al.*, 1999), y en la apertura y cierre de estomas (Dodd *et al.*, 2010).

En el cultivo de fresa, los frutos con una baja concentración de Ca demuestran ser sensibles a desordenes fisiológicos y patológicos, además de tener una vida de anaquel corta, disminuyendo la calidad de fruto y aumentando el ablandamiento (Wójcik y Lewandowski, 2003; Chen *et al.*, 2011). Por su parte, Childers (2003) reporta que una deficiencia de Ca, tiende a aparecer después de una deficiencia de Boro (B), siempre y cuando estos dos estén presentes

Se ha visto también, que la aplicación de Ca en forma de CaCl_2 al 1% en frutos de fresa tiene mejores atributos de calidad, disminuyendo pudriciones, pérdida de peso, pero disminuye el contenido de SST, ya que al 1% puede reducir la respiración del fruto y la actividad metabólica del mismo. Mientras que a 4% aumenta la tasa de pudriciones debido a la fitotoxicidad por la alta concentración de Ca, pero disminuye la pérdida de peso. Sin embargo, no se encontró un efecto significativo entre los tratamientos en la firmeza. Tratamientos con CaCl_2 (1 y 4%) disminuyó significativamente la degradación de Pectina soluble-quelatada (CSP) y de pectina soluble-carbonatada (SSP) debido al fortalecimiento de las reticulaciones iónicas entre estas moléculas de pectina (Chen *et al.*, 2011).

También se ha reportado que la aplicación de Ca y B, aumenta la firmeza de fruto, sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT) y disminuyen la incidencia del moho gris (*Botrytis cinérea*), aumentado a su vez la concertación de Ca y B en hoja y fruto (Wójcik y Lewandowski, 2003).

2.6.5 Magnesio

Magnesio (Mg^{2+}) es el cuarto catión más abundante y el segundo catión intracelular con mayor presencia. Este elemento se ha relacionado con procesos biológicos como la liberación de energía química, donde el ATP es formado por la

fosforilación oxidativa dependiente de magnesio. Además es requerido para la glucólisis, transcripción de DNA, síntesis de proteínas (Houillier, 2014) y es un elemento constitutivo de la clorofila y de ribosomas (Alcántar y Trejo, 2007; Taiz y Zeiger, 2010).

La floración y fructificación se ve ligeramente afectados hasta que los síntomas llegan a ser más aparentes (Childers, 2003). Sin embargo, Ulrich *et al.* (1980) reportan que los frutos provenientes de plantas deficientes de Mg parecen ser casi normales, con la excepción de que el color de la epidermis es más claro y tiene una susceptibilidad al albinismo.

Choi y Latigui (2008) no encontraron diferencias significativas en las unidades SPAD cuando aplicaron 0.7, 1.4, 2.8 meq/L, mientras que 0.4 meq/L fue significativamente diferente. Los autores concluyeron que las mejores valores unidades SPAD varia de 0.7-2.8 meq/L Mg. Por su parte Lamarre y Lareau (1997) mencionan que al aplicar 25 kg/ha de Mg en el cultivo de fresa, este incrementa significativamente el tamaño de fruto, no teniendo efecto en el rendimiento.

2.6.6 Boro

Boro (B) es un elemento absorbido por las plantas en forma de ácido bórico (H_3BO_3 o $B(OH)_3$) (Taiz y Zeiger, 2010). Es importante en la síntesis de la pared celular (Blevins y Lukaszewski, 1998), en el metabolismo de RNA y evita la acumulación de fenoles los cuales inhiben la actividad de las auxinas (Nestby *et al.*, 2005). También participa en el transporte de azúcares, síntesis de ácidos nucleicos, respuestas hormonales, división celular y diferenciación, funcionamiento de la membrana y en la elongación de la raíz (Taiz y Zeiger, 2010; Esringü *et al.*, 2011). Además se ha observado en muchas especies de plantas que B es de suma importancia en la fase reproductiva muchos más que en la fase vegetativa, teniendo efecto significativo en la germinación y crecimiento del polen o en la floración y fructificación de las plantas, así como también en el amarre de fruto en frutos de fresa (Childers, 2003; Blevins y Lukaszewski, 1998; Wójcik y Lewandowski, 2003; Nestby *et al.*, 2005).

En fresa se ha observado, que la aplicación de B afecta el rendimiento y la composición química, ya que las aplicación de B disminuye la concentración N y Ca en hoja, pero tiene un incremento en P, K, Mn, Zn y Cu, por lo que los autores concluyen que el nivel óptimo de B es de 5.5 kg/ha, suficiente para elevar el contenido de B en el suelo (Esringü *et al.*, 2011). Se ha reportado también, que una deficiencia de B en fresa daña los pistilos de la flor, aumenta los abortos de fruto hasta en 90%, y además, reduce el número de fruto por planta, peso de fruto y rendimiento (Lieten, 2002).

2.6.7 Hierro

Fierro (Fe) es un microelemento inmóvil, el cual que es requerido en las plantas en mayor cantidad. Fe participa en números procesos en las plantas como en la fotosíntesis, respiración, cadena de transporte de electrones, y la biosíntesis de clorofila, y es un componente en heme (Kobayashi y Nishizawa, 2012), constituyente de citocromos, fijación de N (Taiz y Zeiger, 2010) y este es ligeramente soluble en condiciones aerobias, especialmente en un pH alto y suelos calcáreos (Marschner, 1995).

Una deficiencia de Fe en fresa puede tener efecto en variables de calidad como tamaño de fruto, cambios en el color de la fruta, firmeza y en el contenido de agua, así como también de las propiedades químicas como el contenido de ácidos orgánicos, vitaminas, compuestos fenólicos, los cuales afectan las características organolépticas del fruto (Alvárez-Fernández *et al.*, 2006).

Lieten (2001) reporta que una deficiencia de Fe en fresa tiene un efecto negativo en el rendimiento y tamaño de fruto y causa el aborto de los frutos, mientras que Ulrich *et al.* (1980) mencionan que una deficiencia de este elemento tiene un ligero o no efecto sobre la calidad del fruto de fresa.

Se ha visto que las aplicaciones foliares de Fe-EDDHA en fresa incrementan el rendimiento, debido al incremento del número de frutos (Zaiter *et al.*, 1993). Sin embargo, reportes como el Erdal *et al.* (2004) observaron que la aplicación de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, incrementan la concentración de Fe en la hoja de fresa, en comparación con Fe-EDTA.

2.6.8 Manganeso

Manganeso (Mn^{2+}) es un activador de enzimas en las células de las plantas como las descarboxilasas y deshidrogenasas las cuales están involucradas en el ciclo del ácido cítrico (Krebs) y que son activas por este microelemento (Taíz y Zeiger, 2002). Una de las funciones bien definidas de este microelemento es en la reacción fotosintética a través de la cual el oxígeno es producido a partir del agua (Marschner, 1995).

Nestby *et al.* (2005) reportan que una deficiencia de Mn, no tiene un apreciable efecto sobre la apariencia y calidad del fruto de fresa.

2.7 Partición y Acumulación de Materia Seca

La partición de materia seca determina las cantidades de carbono fijado, liberado a específicos órganos demandantes (Taíz y Zeiger, 2001). Es el resultado final de una serie de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados, a partir de los órganos fuente, a través de una ruta de transporte hacia los órganos de

demanda, los cuales son procesos no estáticos que pueden cambiar diariamente y durante el desarrollo de la planta (Merceland, 1996).

El contenido de materia seca es un parámetro utilizado para medir la productividad en la planta (Al-madhagi *et al.*, 2011) ya que el crecimiento y rendimiento del cultivo de fresa depende fundamentalmente de la formación de esta, y de su distribución balanceada de asimilados a otros órganos de la planta (Reekie *et al.*, 2007), donde los principales solutos translocados son carbohidratos, y sacarosa es el principal azúcar traslocado (Taiz y Zeiger 2010).

La dirección de la partición y translocación de asimilados puede ser acropétala o basipétala de acuerdo a la relación fuente-demanda. En las primeras etapas de desarrollo de la planta, las hojas totalmente expandidas y no estresadas exportan más de sus fotoasimilados acropetalamente, mientras que las hojas recién emergidas (jóvenes) constituyen una fuerte demanda de asimilados (Jean-Pierre *et al.*, 1994).

Las plantas de fresa traslocan sus recursos a la raíces, coronas y hojas a principio de su establecimiento (Octubre) debido a que comienza la absorción de fotosíntatos y posteriormente, después de 2 o 3 meses (Diciembre y Enero), la acumulación es más lenta ya que la materia seca empieza acumularse en flores y fruto (Fernández *et al.*, 2001). Por su parte, Palha *et al.* (2012) mencionan que la acumulación de materia seca en fresa, se transloca principalmente en hojas y raíces y en menor cantidad en coronas y flores en el mes de Octubre. La acumulación de materia seca en fruto no depende únicamente de los fotosíntatos disponibles, sino de la movilización de las reservas de carbohidratos de otros órganos, principalmente de coronas y raíces (Darnell, 2003).

Zamski y Schaffer (1996) reportan que aproximadamente el 98% del carbono es utilizado para la acumulación de materia seca en la etapa de antesis, mientras que durante la maduración del fruto, 83% del carbono es utilizado para la acumulación de carbohidratos no estructurales, lo cual demuestra un cambio en la acumulación de carbono sobre la etapa de crecimiento de la planta.

Flore y Layne (1999) mencionan que el fruto generalmente tiene mayor prioridad en acumular materia seca, cuando las hojas y frutos están en competencia por las reservas. En fresa, los frutos, es el órgano más competitivo en la planta ya que acumula del 20 al 40% del peso seco total de la planta (Darnell, 2003), disminuyendo el peso de la hoja en periodo de fructificación no teniendo efecto en el peso seco de la corona y raíz (Schaffer *et al.*, 1986).

Una medida fundamental de la producción de biomasa es la tasa de crecimiento relativo la cual puede ser usado para comparar el funcionamiento de los cultivares bajo las mismas condiciones de crecimiento (Fernández *et al.*, 2001).

Estudios en fresa, como lo realizado por Abu-Zahra y Tahboub (2008), demostraron en el cultivar Camarosa, que el peso seco de la planta fue mayor cuando fue cultivada en un sistema convencional (sin adición de composta, uso de fertilizantes inorgánicos y pesticidas), mientras que los más bajos pesos secos se encontraron en el Testigo. Además no encontraron diferencias significativas entre compostas elaboradas a base de ave de corral, borrego y diferentes mezclas. Por su parte, Preusch *et al.* (2004) encontraron en fresa que el uso de fertilizantes sintéticos incrementaron el peso seco de la planta en comparación cuando se utilizó composta elaborada a base de ave de corral. Sin embargo, Kristl *et al.* (2013) encontraron que plantas de fresa cultivadas en un sistema orgánico acumularon más materia seca que aquellas cultivadas sobre el sistema integrado, siendo el cultivar Sugar Lia el que más materia seca acumuló

El uso de sustratos orgánicos como la composta ha sido reportada por Wang y Lin (2002), los cuales demostraron en fresa que mediante la adición de composta, el peso seco de la planta se incrementa significativamente comparado cuando se utiliza suelo y/o arena como sustrato. Lo anterior coincide con lo reportado por Alvarado *et al.* (2014) los cuales encontraron que la materia seca en plantas de fresa del cultivar Jacona se incrementa significativamente cuando el sustrato se le adicionaba el 25, 50 y 75% al sustrato comparado con aquellas plantas cultivadas únicamente con ~~%peat moss+~~ y agrolita (1:1).

Hammad *et al.* (2014) demostraron que la aplicación de composta (8.3 kg m⁻²) en el suelo y la adición de efectivos microorganismos incrementaron el peso seco foliar de plantas de fresa.

Por su parte, Singh *et al.* (2008) reportaron que el peso seco en planta de fresa del cultivar Chandler se incrementó hasta en un 20.7 % cuando se aplicó 7.5 y 10 ton/h de vermicomposta adicionado al suelo en comparación cuando se utilizaron fertilizantes inorgánicos (Testigo). Los autores concluyeron que la vermicomposta tiene mejor disponibilidad de reguladores de crecimiento y ácido húmico, la cual es incrementada por la actividad microbiana (Arancon *et al.*, 2004). Por su parte, Singh *et al.* (2010) encontraron que al aplicar lixiviados de vermicomposta en fresa en el cultivar Chandler el peso seco en la planta se incrementa hasta un 13.9-27.2 % en comparación con el Testigo (agua).

Ercisli *et al.* (2005) reportaron que el peso seco de raíz de fresa de los cultivares de Fern y Camarosa se incrementó significativamente cuando fueron cultivados en ~~%peat moss+~~ y agrolita respectivamente. Por su parte, Yavari *et al.* (2009) reportaron en fresa del cultivar Selva que el peso seco de raíz y del brote (hoja+tallo) aumentaron significativamente cuando utilizaron un sustrato elaborado a base de regaliz (50%) y suelo (50%) en comparación cuando utilizaron hojas de ciprés y roble. En otros cultivos

como el tomate, Inden y Torres (2004) demostraron que el uso de fibra de coco incrementa el peso seco de hoja en comparación con la perlita, corteza de ciprés y rockwool.

Conti *et al.* (2014) demostraron que plantas de fresa cultivadas en un sistema convencional (fumigación del suelo con VAPAM, 50 g/m², uso de fertilizantes inorgánico), acumularon más materia seca en comparación con aquellas plantas cultivadas en un sistema orgánico (uso de solarización) el cual tuvo el menor peso seco. Por su parte, Larson y Shaw (1996) encontraron que en los primeros 143 ddt, la translocación de materia seca fue mayor en raíz que en los brotes cuando el suelo no fue fumigado, mientras que en suelo desinfectado con Bromuro de Metilo y Cloropicrina el mayor peso seco se encontró en brotes y no en raíz, concluyendo que las raíces son una fuerte demanda de fotoasimilados en suelos no fumigados en comparación con suelos fumigados. Sin embargo, en los cinco muestreos destructivos, suelos fumigados con Bromuro de Metilo y Cloropicrina incrementaron el peso seco de hoja, corona y raíz comparado con suelos no fumigados.

Por otra lado, también se ha reportado el efecto que tienen las micorrizas sobre el crecimiento de la planta de fresa como lo reportado por Fan *et al.* (2008) quienes encontraron que mediante la inoculación de micorrizas, el peso seco de planta de fresa del cultivar Zoji se incrementa significativamente hasta en un 31% más que el control (sin inoculación). Por su parte, Castellanos-Morales *et al.* (2012) encontraron a los 49 y 159 días después del trasplante (ddt) un incremento en el peso de planta de fresa del cultivar Aromas cuando se inocularon micorrizas con 3 mmol L⁻¹ N en comparación cuando no se inocularon. Li *et al.* (2010) encontraron que la inoculación de micorrizas (*Glomus mosseae*) en plantas de fresa del cultivar Nohime acumularon más materia seca en los brotes y raíces en comparación con aquellas que no fueron inoculadas a las 10 semanas después del trasplante. Por su parte, Gryndler *et al.* (2002) encontraron que la inoculación de *Glomus etunicatum* y *Glomus fasciculatum* incrementaron significativamente el peso seco del brote de fresa, mientras que *Bacillus subtilis* y la bacteria B2 significativamente disminuyeron el peso seco del brote.

2.7.1 Factores que afectan la acumulación de materia seca

2.7.1.1 Luz. La intensidad de luz, es un factor importante en la translocación de fotoasimilados en las plantas, donde las reservas de carbono en la hoja es determinada por la intensidad luminosa (Wang *et al.*, 2014), la cual tiene un profundo efecto en el crecimiento vegetativo y reproductivo de los árboles y plantas. El rendimiento está directamente relacionado con la cantidad de luz interceptada por unidad de área de superficie en cultivos como el género Prunus (Flore y Layne, 1999). La influencia del

fotoperiodo en la partición de fotoasimilados entre los azúcares solubles y almidón es importante ya que determina las concentraciones de carbohidratos disponibles para el crecimiento de los diferentes órganos demandantes (Andriotis *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2014).

Wang *et al.* (2014) mencionan que al incrementar el fotoperiodo en las plantas puede incrementar significativamente la exportación de fotoasimilados de las hojas (fuente) a los demás órganos en crecimiento (demanda) y esto se debe a que las enzimas involucradas en la reducción de la fase del ciclo de Calvin-Benson son más abundantes en las plantas sobre días más largos que en aquellos donde la duración del día es corto (Victor *et al.*, 2010). Pero esto no significa que al incrementar luz sea lo mejor, ya que se ha visto que la aplicación continua de luz (24h) en el cultivo de pepinos reduce el rendimiento e incrementa el color amarillo hojas (Moe *et al.*, 2006).

Durante el desarrollo de fruto, el efecto de sombra hace que disminuya el tamaño del mismo y rendimiento, amarre de fruto, el color externo y sólidos solubles totales (SST), además induce la caída de frutos (Flore y Layne, 1999).

Reportes como los de Serce y Hancock (2005) mencionan que la acumulación de materia seca incrementa significativamente cuando las planta de fresa de variedades como Aromas, Quinalt, Fort Laramie y Tribute se exponen a fotoperiodos de 16 h que en aquellas expuestas a 8 h en cultivares como.

Wu *et al.* (2009) observaron en estolones de fresa, que mediante la aplicación de 70% de luz roja y 30% de luz azul (R+B), incrementa significativamente la acumulación de materia seca, mejorando a su vez el contenido de carbohidratos solubles y de almidón. Por otra parte, Miranda y Williams (2007) reportan que plantas de fresa expuestas a luz azul, el peso seco y el contenido de clorofila se incrementa, atribuyéndose a una alta velocidad de reacción de los procesos fotoquímicos no fotosintéticos bajo condiciones de luz azul.

La producción de materia seca en plantas de fresa se incrementa más de dos veces bajo condiciones suplementadas de luz (lámpara LED) que en aquellos plantas crecidas en lámparas fluorescentes y condiciones normales (sin lámparas), siendo el fruto el órgano que más acumula materia seca (Hidaka *et al.*, 2013).

2.7.1.2 Temperatura. La translocación de fotoasimilados en los cultivos es altamente influenciado por la temperatura del medio ambiente (Wang *et al.*, 2014). Se han reportado en fresa que las temperaturas óptimas para una adecuada acumulación de materia seca en fresa es de 15/10°C (día/noche), mientras que a 30/25°C (día/noche) la acumulación se ve afectada significativamente hasta en un 67%, siendo la parte aérea y la raíz los órganos más afectados (Harbut *et al.*, 2010). Wang *et al.* (2014) mencionan

que a una temperatura de 10°C, la translocación de fotoasimilados es fuertemente inhibida. La partición de materia seca tiene una amplia variación sobre las diferentes temperaturas y cultivos.

Se ha reportado en fresa que la temperatura óptima para la acumulación de materia fresca y seca en el fruto es de 15° C (0.879g PS) en comparación con aquellos frutos crecidos a 19°C (0.774g PS), teniendo como efecto una reducción en el tamaño de fruto. También reportan el incremento de materia seca diariamente se ve favorecido a 15°C(0.170g) mientras que a 19°C disminuye (0.151g) (Miura *et al.*, 1994). Por otra parte se ha visto que el peso fresco de fruto de fresa de frutos primarios, secundarios y terciarios se incrementa cuando estos se expusieron a 23/18°C que en aquellos expuestos a 30/25°C (Ledesma *et al.*, 2007).

Por otra parte, cuando las plantas de fresa se exponen a temperaturas por debajo de los 7°C, los carbohidratos se acumulan principalmente en coronas y raíces, ya que la cantidad de carbohidratos acumulados determinan el desarrollo de las raíces, el vigor de la planta y el rendimiento (Verdier Martin, 1987; Brandán *et al.*, 2009). Se ha visto en fresa que durante el otoño acompañado con una disminución en la temperatura, los carbohidratos son translocados de las hojas hacia la corona y raíces, especialmente a altas latitudes (Brandán *et al.*, 2009).

En otras especies como el cacahuate, se ha reportado que a altas temperaturas (32/22°C) reducen el peso seco total en un 20 y 35%, el índice de cosecha de la semilla en un 0 a 65%, mientras que el peso seco de la semilla en un 23 a 78% en comparación con temperaturas de 28/22°C (Craufurd *et al.*, 2002). Sin embargo, Prasad *et al.* (2011) observó en plantas de trigo que a temperaturas de 31/18°C disminuyó significativamente su peso seco en un 20%.

2.7.1.3 Agua. El agua es uno de los principales factores que afecta el crecimiento y productividad de la planta, la cual tiene un efecto en la partición y acumulación de materia seca siendo uno de los procesos fisiológicos más afectados, dependiendo fuertemente de la temporada, el clima y de los órganos de las plantas. Además está involucrada en la regulación de la translocación de fotoasimilados de los órganos fuente a los demandantes (Flore y Layne, 1999; Wang *et al.*, 2014).

Flore y Layne (1999) menciona que durante la etapa II de crecimiento del fruto, cuando la acumulación de materia seca es relativamente baja, el desarrollo de la parte vegetativa se incrementa debido a la aplicación de agua y la eliminación de la sequía, con un ligero efecto en el desarrollo en el fruto. Sin embargo, en la etapa III de desarrollo del fruto, tiene más prioridad de asimilación de carbono y es más sensible a la sequía, así como también en los brotes vegetativos. Estos mismos autores, mencionan que los

órganos más afectados por la sequía en el género *Prunus* por importancia son: 1) crecimiento de hojas, 2) extensión de los brotes, 3) emergencia de la hoja y 4) diámetro de tronco.

Sin embargo, no todos los cultivares responden igual al estrés por agua, mostrando diferencias en la acumulación de materia seca en cultivares de fresa (Klamkowski y Trader, 2008; Grant *et al.*, 2010; Grant *et al.*, 2012;) y Olivo (Bacelar *et al.*, 2007; Di Vaio *et al.*, 2013). Además se ha observado por varios autores las diferencias entre especies de *Fragaria*, reportándose que *Fragaria chiloensis* es más resistente a la sequía que *Fragaria virginiana* y *Fragaria x ananassa* (Archbold y Zhang, 1990; Zhang *et al.*, 1993; Grant *et al.*, 2012). Por su parte Grant *et al.* (2012) encontraron una reducción en el contenido de materia seca en hojas, concluyendo que fue significativamente afectada por el genotipo, tratamiento de riego y la interacción de estos dos.

Terry *et al.* (2007) encontraron en tres cultivares de fresa que el contenido de materia seca se incrementa en una cuarta parte en el fruto en plantas con un déficit de agua comparadas con fruta cosechada a partir de plantas mantenidas o cerca de capacidad de campo.

Además, el estrés por agua afecta el crecimiento y la partición de materia seca en arboles de durazno en contenedores en condiciones de invernadero, ya que reduce el contenido de materia seca en las ramificaciones y hojas del árbol, sin embargo, no se vio afectada la raíz, pero si aumento su biomasa cuando los contenedores tenían un 50 y 75% de agua (Steinberg *et al.*, 1990).

En uva se tienen reportes que aun durante periodos prolongados de sequía, el contenido de materia seca en los frutos se vio ligeramente afectado aun cuando el crecimiento del fruto se redujo ligeramente o completamente (Cohen y Goell, 1988).

2.7.1.4 Sistemas de producción. Mediante el uso de sistemas de producción orgánicos en fresa, se ha visto que tiene un buen efecto en el incremento de materia seca de fruto comparados con los sistemas convencionales, ya que se ha reportado incrementos de 7.3% (Abu-Zahra *et al.*, 2007) 8.1-8.9 % (Cayuela *et al.*, 1997) 9.65% (Manleitner *et al.*, 2002) y 9.9-11.4% (Hakala *et al.*, 2002). Estas diferencias son atribuidas principalmente al tipo de cultivar, condiciones climáticas y el uso de prácticas culturales (Abu-Zahra *et al.*, 2007).

2.7.1.5 Reguladores de crecimiento. Otro de los factores que pueden afectar la partición de materia seca, es el uso de reguladores de crecimiento y este va depender

del tipo y concentración de las hormonas, el tiempo y etapa de aplicación, así como también de cultivares (Shou-Ming *et al.*, 2007).

Deyton *et al.* (1991) reportan que aplicaciones de Paclobutrazol en concentraciones que van de 75 a 300 ppm incrementa el peso seco del total de la planta en un 33 a 46%, siendo la hoja, el órgano que más acumula materia seca. Mientras tanto, Shou-Ming *et al.* (2007) indican que la combinación de GA₃, IAA y 6-BA en varias proporciones, la acumulación de materia seca en brotes y raíces de fresa se ve afectada significativamente.

Sin embargo la interacción GA₃ y 6-BA disminuye la acumulación de materia seca hasta en un 16.77% en comparación con la interacción de GA₃ (0ppm) e IBA (50 ppm), donde la materia seca se incrementa hasta en un 17.9%, siempre y cuando la duración de los días sea mayor a 16 h (Al-madhagi *et al.*, 2011).

2.7.1.6 Nutrición. Uno de los factores importantes a considerar es la nutrición aplicada ya que esta tiene un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de la planta como lo reportado por Tabatabaei *et al.* (2006), quienes demostraron que el peso seco y fresco en hojas de fresa fueron significativamente bajos cuando una alta concentración de NO₃ (100%) o NH₄ fue la única fuente de N en la solución nutritiva. Sin embargo, encontraron que la solución elaborada a base de 25NH₄:75NO₃ incrementó el peso seco y fresco de las hojas. Por su parte, Choi *et al.* (2011) reportaron que la materia seca en fresa disminuyó linealmente conforme las concentraciones de NH₄ en la solución nutritiva se elevaban. En el cultivo del tomate, Clausen (2002) encontró que comparado con el nitrato (NO₃), el amonio (NH₄) disminuye el peso seco de fruto, mientras que la relación 75NO₃:25NH₄ incrementó el peso seco de toda la planta. Algunos trabajos han argumentado que la acumulación de NH₄ en las hojas puede causar un desacoplamiento en el transporte de electrones debido a la fotofosforilación en los cloroplastos, resultando una disminución en la tasa fotosintética (Puritch y Baker, 1967; Claussen y Lenz, 1999).

2.8 Carbohidratos

Los carbohidratos son importantes en el desarrollo reproductivo de muchas plantas y principalmente el almacenamiento de estos ya que ayudará a tener floración y un temprano desarrollo de fruto en plantas leñosas (Alvarado-Raya *et al.*, 2007). Darnell y Martin (1988) mencionan que únicamente el 25% de los carbohidratos requeridos en los primeros 7 días del crecimiento de fruto es suministrado por los fotoasimilados.

Las reservas de carbohidratos puede incrementar o disminuir debido al incremento N, y esto se debe cuando Rubisco se encuentra limitado, un incremento en

N permite el incremento de asimilación de CO₂ porque más Rubisco será sintetizado, sin embargo, si Rubisco se ve limitado además de un incremento de N puede ocasionar una disminución en carbohidratos y de la relación C/N debido a que la descarboxilación de carbohidratos es requerida para la asimilación de N (Cheng y Fuchigami, 2002; Acuña-Maldonado y Pritts, 2008). Acuña-Maldonado y Pritts (2008) mencionan que altos niveles de N, la cantidad de carbohidratos disponibles para la fructificación es reducida debido a la demanda de asimilación de N, ocasionando una disminución en el rendimiento.

2.9 Fotosíntesis en el Cultivo de Fresa

Fotosíntesis es proceso fisiológico de las plantas y un factor importante que determina la productividad de una planta (Klamkowski y Treder, 2008). Las plantas de fresa exhiben fotosíntesis tipo C₃, donde asimilan el carbono como CO₂ en el ciclo de Calvin vía Rubisco (ribulosa bifosfato carboxilasa-oxigenasa) (Blanke, 2002), las cuales requieren de un mínimo de 3 ATP y 3 NADPH para asimilar una molécula de CO₂ en un carbohidrato y para regenerar 1 RuBP con el objetivo de completar el ciclo C₃ (Zhu *et al.*, 2010), donde la máxima eficiencia de conversión de energía en la fotosíntesis de plantas C₃, antes de la fotorrespiración y respiración es de 12.6%, mientras que en las plantas C₄ es de 8.5% (Zhu *et al.*, 2008).

La tasa de asimilación de CO₂ en las plantas C₃ generalmente se caracteriza por tres procesos: 1) la capacidad de Rubisco para consumir ribulosa bifosfato (RuBP), 2) la capacidad del ciclo de Calvin y las reacciones de los tilacoides para regenerar RuBP y 3) la capacidad de síntesis de almidón y sacarosa para consumir triosa fosfato y regenerar fosfato inorgánico por fotofosforilación (Sage y Kubien, 2007)

Sin embargo la asimilación de CO₂ en las plantas tipo C₃ se ve afectado por condiciones del medio ambiente principalmente por temperatura, concentración de CO₂ en la atmosfera y la disponibilidad de agua, las cuales pueden estar atribuidas a las propiedades catalíticas de la enzima Rubisco (Raines, 2006) así como otros factores involucrados como la luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes, concentración de CO₂, genético y fisiológico (Carlen *et al.*, 2009; Hancock, 1999).

Las hojas son las principales partes de la planta donde la energía luminosa se convierte en energía metabólica (Maas, 1998) y donde se fija el carbono, aunque los tallos verdes y órganos florales pueden algunas veces contribuir en la fijación del mismo (Carlen *et al.*, 2009)

Fragaria x ananassa tiene tasas de asimilación de CO₂ de 15-25 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, las cuales son intermedias entre sus progenitores *F.virginiana* (7-15 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) y

F.chiloensis (20-30 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Hancock *et al.*, 1989; Hancock, 1999). Sin embargo se han reportado tasas máximas de fotosíntesis en un rango de 16 a 22 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para diferentes especies de fragaria como *F. linumae*, *F. nipponica* y *F. yezoensis* (Oda, 2002).

Las tasas de asimilación de CO_2 varían de acuerdo al medio en que se encuentren, ya que en fresas cultivadas a campo abierto se reportan mayores tasas de asimilación de CO_2 en comparación en plantas de fresa cultivadas de invernadero (Carlen *et al.*, 2009; Hancock *et al.*, 1989). Por otra parte, Blanke (2002) menciona que el fruto de fresa requiere de 128 KJ para producir 100 g de fruta, energía que la obtiene de la fotosíntesis de la hoja y fotoasimilados convertidos en asimilados en el fruto.

En fresa se ha reportado que plantas de fresa inoculadas con micorrizas incrementan parámetros fotosintéticos como la asimilación de CO_2 , conductancia estomática y transpiración comparada con aquellas plantas no inoculadas (Testigo). Los autores mencionan que el beneficio primario de utilizar micorrizas es que mejoran la nutrición en la planta y por lo tanto mejoran a la asimilación de CO_2 (Fan *et al.*, 2008). Por su parte Zhu *et al.* (2012) reportaron en el cultivo de maíz que la tasa fotosintética y transpiración se vieron incrementadas cuando se inocularon micorrizas en comparación con aquellas donde no se inocularon.

Por otra parte se ha visto en trigo que el uso de Bromuro de Metilo como desinfectante químico del suelo reduce fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración en 40-52%, 41-55% y 24-36% respetivamente en comparación cuando en el suelo no se aplica el método químico (Trend, 1989).

2.9.1 Factores que afectan la tasa fotosintética

2.9.1.1 Temperatura. La temperatura es uno de los principales factores ambientales que tienen un fuerte efecto en la asimilación de CO_2 y productividad de la planta. Se ha visto que, a 25°C sobre una atmósfera normal (CO_2) de 397 ppm para una planta C_3 , la fotorrespiración alcanza los requerimientos de quantum mínimo requisitos de una planta C_3 de 8 a 13 fotones por CO_2 asimilado (Zhu *et al.*, 2010). Sin embargo, a bajas temperaturas, fotosíntesis es regularmente limitada debido a la disponibilidad de fosfato en el cloroplasto (Taiz y Zeiger, 2010).

Caldwell *et al.* (1990) mencionan que *F.virginiana* se aclimata fotosintéticamente más rápido a altas temperaturas que *F.chiloensis* y *F. x ananassa*. Por su parte, Serce *et al.* (2002) reportaron que aunque *F.virginiana* es más tolerante que *F. chiloensis* y *F. x ananassa* a altas temperaturas (30°C, día/25°C noche), tiene una disminución en las tasas fotosintéticas. Sin embargo, en temperaturas moderadas (20°C día/15°C noche), *F.virginiana* tiene tasas de asimilación de CO_2 bajas comparadas con *F.chiloensis* y

cultivares de *F. x ananassa*. En general, la temperatura óptima para las mencionadas especies es de 20-30°C, ya que altas temperaturas inhibe la actividad de los tilacoides especialmente cerca del centro de reacción del fotosistema II (Hancock, 1999; Kadir y Sidhu, 2006).

Los máximos rendimientos en fresa se consiguen con temperaturas de 15 y 20°C, mientras que a temperaturas por encima de los 25°C, el rendimiento se ve reducido, aun cuando la temperatura de la noche se mantenga por debajo de los 20°C (Kumakura y Shishido 1995).

En un estudio realizado por Carlen *et al.* (2009), se encontró que cuando la temperatura de la hoja de fresa excede la temperatura optima (15-25 °C), hay una disminución en la asimilación neta de CO₂, debido al aumento de la fotorrespiración y la respiración en la noche, pero también el transporte de electrones y la actividad de Rubisco se ven afectados, resultando en una disminución en la tasa fotosintética (Kadir *et al.*, 2006). Por su parte, Chen *et al.* (1997) reportan que altos niveles de CO₂ mejoran el rendimiento y calidad del cultivo de fresa por el incremento del número de frutos por plantas, peso fresco de fruto, contenido de materia seca, azúcares totales y la relación azúcar/acido.

2.9.1.2 Luz. La luz es uno de los factores ambientales más importantes que afecta en gran medida al crecimiento y desarrollo de la planta, así como también del rendimiento de frutos de fresa, teniendo además una influencia directa en la fotosíntesis de la hoja (Hidaka *et al.*, 2012; Darnell, 2003), ya que altos niveles de luz se traducen en altas tasas fotosintéticas (Hancock, 1999).

La asimilación neta de CO₂ en la hoja de fresa incrementa conforme aumenta el flujo de fotones fotosintéticos (PPF), donde el punto de saturación de luz cae entre 500 a 1400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Cameron y Hartley, 1990; Carlen *et al.*, 2009). Darnell (2003) menciona que la asimilación de CO₂ en la planta de fresa se incrementa entre los primeros 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, pero posteriormente tiene un incremento gradual entre los 200-600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, pero esto va a depender de la especie de *Fragaria*, cultivar y condiciones de crecimiento (Harbut *et al.*, 2010).

En la planta de fresa, el incremento de luz (mayor o igual a 650 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) tiene un efecto significativo ya que incrementa el área foliar y longitud de peciolo (Ceulemans *et al.* 1986), peso seco de hoja, raíz y corona (Ferree y Stang, 1998) y producción de estolones.

El uso de plásticos que cubren los invernaderos tienen un efecto significativo sobre la fotosíntesis, como lo reportan Kai *et al.* (2005) quienes observaron que la tasa de intercambio gaseoso en hojas de fresa cultivadas en plástico verde fueron

significativamente bajas en comparación con aquellas cultivadas bajo invernaderos cubiertos con plásticos blancos.

Duan *et al.* (2013) encontraron en plantas de fresa que en un rango de 0-600 mol/m²-s, bajo condiciones de sombreo y expuestas al sol, tuvieron un incremento rápido y no hubo diferencias entre tratamientos. Sin embargo, cuando la intensidad de luz incremento (mayor a 600 mol/m²-s) hubo diferencias entre tratamientos encontrándose que las mayores tasas fotosintéticas se encontraron en plantas expuestas en el sol en comparación con plantas expuestas a la sombra. Además estos autores observaron que bajo condiciones de sombreo hubo una disminución sobre velocidad de saturación de luz, rendimiento quantum aparente, eficiencia en carboxilación, respiración en la obscuridad, punto de saturación de luz y punto de compensación de luz.

Por su parte, Chi *et al.* (2001) observaron que sobre condiciones de sombreo, la tasa fotosintética disminuyó significativamente en los cultivares Baojiaozhaosheng y Shuofeng en un 20 y 47 % y eso sucedió cuando la eficiencia del quantum aparente incremento en un 13 y 8 % respectivamente. Kadir y Sidhu (2006) en su experimento mencionan que a altas temperaturas (40°C día/35°C noche), la tasa fotosintética disminuye y productividad en comparación con otros dos regímenes de temperatura (30/25 ò 20/15 °C) en los cultivares de fresa Chandler y Sweet Charlie. También observaron que entre cultivares hubo diferencias significativas, ya que Chandler mantuvo más altas tasas fotosintéticas en condiciones de exceso de temperatura. También indicaron que a 40/35 °C hubo un daño irreversible en el fotosistema II en los dos cultivares.

2.9.1.3 Agua. Una de las primeras respuestas de las plantas en estrés hídrico, es el cierre de estomas, lo cual tiene un efecto restringiendo el intercambio de CO₂ entre el interior de la hoja y la atmosfera (dentro del parénquima fotosintético), ya que el cierre de estomas tiene como objetivo proteger a las plantas contra la pérdida de agua, por lo que la transpiración disminuye (Klamkowski y Treder, 2008). El cierre de estomas, es un buen indicador de la intensidad de estrés por agua en relación a la fotosíntesis, ya que un déficit en la concentración de CO₂ es la principal causa de que la tasa fotosintética disminuya en respuesta a un alto o moderado estrés causado por el agua (Flexas y Medrano, 2002).

La sequía es uno de los estreses ambientales que disminuye la fotosíntesis, crecimiento y producción de la planta y uno de los cultivos que requiere una gran cantidad de agua es la fresa, la cual se relaciona con este cultivo en la obtención de rendimientos óptimos. Sin embargo, el estrés por una deficiencia de agua y el efecto

que tiene este en el intercambio gaseoso puede variar entre cultivares, como lo demostró Ghaderi y Siosemardeh (2011), al observar que los cultivares Kurdistan y Selva demostraron ser significativamente diferentes en la tasa fotosintética en condiciones de sequía, siendo Kurdistan el cultivar que más toleró el estrés. También mencionan que una disminución en la conductancia estomática es altamente correlacionada con una disminución en la tasa fotosintética de fresa.

Otro reporte como el de Klamkowski y Treder (2006), observaron en los cultivares de fresa Elsanta, Elkat y Salut en condiciones de sequía diferencia significativa, siendo Salut el cultivar que más toleró este fenómeno. También observaron que conforme la sequía aumenta, la tasa de intercambio gaseoso disminuye en los tres cultivares siendo a los 60 días después del trasplante. Concluyendo que la disminución de la tasa de intercambio gaseosos en condiciones de sequía se debe principalmente al cierre de estomas y a deficiencias de procesos metabólicos. Sin embargo, en especies como la frambuesa, Morales *et al.* (2013) reportan que plantas cultivadas bajo un estrés hídrico disminuye progresivamente la tasa fotosintéticamente en un 41.2% ($3.0 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en los cultivares Heritage y Meeker.

2.9.1.4. Nutrición. Reportes como los de Tabatabaei *et al.* (2006) mostraron que el incremento de NH_4 en la solución del 25 al. 75 % progresivamente se reduce la asimilación de CO_2 y la transpiración. Sin embargo, las más altas y bajas tasas fotosintéticas en los cultivares Camarosa y Selva fueron observadas sobre los tratamientos $25\text{NH}_4:75\text{NO}_3$ y $75\text{NH}_4:25\text{NO}_3$. También se ha reportado que las plantas de fresa requieren de una buena cantidad de N y P para una buena asimilación de CO_2 y un rápido crecimiento (Li *et al.* 2009).

Claussen y Lenz (1999) observaron en plantas de frambuesa, fresa y arándano diversas respuestas en la fotosíntesis cuando se aplicó NH_4 de una disminución a un aumento en comparación cuando se utilizaba NO_3 . Por otra parte se ha reportado en tomate que la actividad fotosintética se incrementó cuando se utilizaron altas concentraciones de NH_4 (7.5 y 10 mM), mientras que concentraciones de NH_4 por debajo de 5 mM la actividad fotosintética permaneció sin cambios (Horchani *et al.*, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Experimento

El experimento se llevó a cabo en invernaderos de vidrio ubicados en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México cuyas coordenadas son: 19°30qLN y 98°53qLO; a una altitud de 2250 msnm.

3.2 Material Vegetal y Establecimiento del Experimento

Se utilizaron plantas de fresa de los cultivares mexicanos Zamorana y Jacona obtenidos en el programa de mejoramiento del Colegio de Postgraduados y el cultivar comercial Festival (cultivar introducido de Florida, E.U.A) como referencia. Las plantas se cultivaron en bolsas de plástico negras de aproximadamente 3 kg de capacidad.

El experimento se estableció el 1 de Marzo del 2013. Las plantas provinieron de viveros de Fresa del Colegio de Postgraduados; se usaron plantas sin hojas, con un tamaño de corona mayor a 1 cm de diámetro y una longitud de raíz de 10 cm aproximadamente, las cuales fueron cosechadas entre los días 20 y 23 de Noviembre de 2012 y estuvieron almacenadas en refrigeración (1 °C) hasta su fecha de trasplante.

A partir del mes de Mayo se aplicó una solución Steiner semanalmente a una Conductividad Eléctrica de 0.5, la cual estaba compuesta de CaNO₃, KNO₃, MKP, MgSO₄, KSO₄, (NH₄)₂SO₄ y una fórmula de Tradecorp® como fuente importante de microelementos.

En el mes de Abril se aplicó de forma foliar Aliette® (1 g/L) para el control de hongos y Vitarise® (2 ml/L) como fertilizante foliar. Mientras que en el mes de Junio se realizaron dos aplicaciones foliares del fertilizante foliar Bayfolan® (5.5 g/L). Para el control de araña roja se utilizó Agrimec® (0.5 mL/L) en los meses de Noviembre y Diciembre de 2013 (época de producción).

3.3 Tratamientos y Diseño Experimental

Se utilizaron 10 tratamientos (Cuadro 1) con 20 repeticiones para cada uno. La unidad experimental consistió en una maceta con una planta de fresa. Se utilizó diseño de tratamientos factorial, con un diseño experimental de parcelas divididas, donde la variedad del cultivo (tres en total: Zamorana Jacona y Festival) fue la parcela principal y el tipo de sustrato (dos sustratos) y método de desinfección fueron las parcelas secundarias. Dentro de cada parcela los tratamientos fueron aleatorizados completamente al azar.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamiento	Método de desinfección	Composición
		Composta:Peat:Agrolita
1	Testigo	0:1:1
2	Testigo	2:1:1
3	Metam de sodio	0:1:1
4	Metam de sodio	2:1:1
5	Solarización	0:1:1
6	Solarización	2:1:1
7	<i>Glomus mosseae</i>	0:1:1
8	<i>Glomus mosseae</i>	2:1:1
9	<i>Bacillus subtilis</i>	0:1:1
10	<i>Bacillus subtilis</i>	2:1:1

Se tuvieron dos tipos de sustratos; uno consistió únicamente a base de peat moss y agrolita en una relación 1:1, mientras que el otro sustrato se elaboró a base de composta de borrego, peat moss y agrolita en una relación 2:1:1 respectivamente.

Los sustratos fueron desinfectados conforme a los cuatro métodos de desinfección estudiados, con un testigo sin desinfección:

Solarización. Se utilizó plástico blanco lechoso UV II de calibre 600, con un paso de luz del 85 %. Los diferentes sustratos se colocaron separadamente sobre el plástico y se regaron previamente; el mismo plástico se dobló y se cubrieron los cuatro sustratos, envolviéndolos completamente y dejándolos así por 40 días. Se monitoreó la temperatura tres veces por semana en tres puntos diferentes a lo largo de la cama monitoreándose la temperatura con un termómetro de mercurio en los dos extremos y al centro dentro de cada cama de solarización.

Micorrizas. Se utilizó la cepa *Glomus mosseae*, de la cual se aplicó 20 g por unidad experimental al momento del trasplante, de los cuales 10 g se aplicaron a la raíz y 10 g al sustrato.

***Bacillus subtilis*.** Se utilizó 1 L de un producto comercial Probac BS®, el cual se preparó en 80 L de agua de la llave. Una vez preparado se aplicaron 600 mL a cada unidad experimental divididos en 300 mL aplicados a la raíz y 300 mL aplicados al sustrato al momento del trasplante.

Método químico. El producto comercial Lucafum® aplicado está constituido con 42.5% de Metam de Sodio como ingrediente activo, el cual se aplicó 1 L.m⁻² diluidos en 10 L de agua de la llave a los sustratos por medio de una regadera de mano.

3.4. Variables a Evaluar

3.4.1. Variables de Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de fruto

3.4.1.1. Producción y distribución de materia seca

3.4.1.1.1. Fruto. La determinación de materia seca en fruto se hizo cada semana a partir del 17 de Octubre del 2013 y hasta el 23 de Marzo del 2014. Se determinó el peso de frutos cosechados por planta y se utilizaron cinco plantas, considerando a cada una como una repetición. Los frutos se sometieron a un secado en una estufa modelo BLUE M POM-246 a 70°C hasta alcanzar peso constante y se registró el peso en una balanza digital marca OHAUS. Los resultados se expresaron en gramos (g) de materia seca.

3.4.1.1.2. Planta. Se realizaron muestreos destructivos el 17 de Junio (119 días después de trasplante, ddt), 10 de Agosto (173 ddt), 4 de Noviembre (251 ddt), 26 de Diciembre (301 ddt) del 2013, y el 13 de Febrero (351 ddt), y 9 de Abril (405 ddt) del 2014 utilizando tres repeticiones por tratamiento considerando a una planta como una repetición. Las plantas se separaron en hoja, corona y raíz e inmediatamente se sometieron a un secado en una estufa modelo BLUE M POM-246F a 70°C hasta alcanzar peso constante. El peso se registró en una balanza digital marca OHAUS y los resultados se expresaron en gramos (g) de materia seca por órgano.

3.4.1.2. Producción de fruto. El inicio de cosecha de fruto fue a partir del 3 de Octubre de 2013 y concluyó el 23 de Marzo de 2014. Se cosecharon frutos en una etapa de madurez comercial (3/4 de coloración roja en epidermis) y se realizó un corte por semana. En cada corte, se registró el peso fresco de fruto con una balanza OHAUS MODELO LS200 expresando los datos en gramos (g). La dinámica de producción se obtuvo al registrar la producción por planta durante todo el periodo de estudio y se expresó en producción mensual (octubre a marzo) y total acumulada por planta. Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento, considerando a una planta como una repetición.

3.4.2. Fotosíntesis

El intercambio gaseoso en 2013 se midió en cinco ocasiones: el 5 de Junio (97 ddt), 5 de Agosto (168 ddt), 31 de Octubre (245 ddt), y en 2014 se hizo el 25 de Enero (331 ddt) y 28 de Marzo (393 ddt) del 2014. Las determinaciones se hicieron en el foliolo central de una hoja madura joven completamente expandida, expuesta y sana. Se utilizó un sistema portable de fotosíntesis LICOR-6400 xt (LICOR, Nebraska, EUA). Las mediciones se realizaron entre las 10 y 13 horas del día y se registraron la tasa fotosintética (TF), tasa de transpiración (E), conductancia estomática (g_s) y eficiencia en el uso del agua (EUA), expresando los datos en $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y $\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento, considerando a una planta como una repetición.

3.4.3. Área foliar

La determinación de esta variable se realizó al final del experimento, el día 9 de Abril del 2014 (405 ddt), cosechándose cinco repeticiones por tratamiento, considerando a una planta como unidad experimental. Esta variable se midió en un integrador de área foliar Li-3100C (LICOR, Nebraska, EE:UU.). Los datos se reportaron en cm^2 .

3.4.4. Peso específico de hoja

Esta variable mide la biomasa foliar por unidad de área de lámina foliar. Se midió el área foliar a tres hojas completas (9 foliolos) por repetición de la parte superior de la planta el 10 de Agosto (173 ddt), 4 de Noviembre (251 ddt), 26 de Diciembre (301 ddt) del 2013, y el 13 de Febrero (351 ddt). En el último muestro realizado el 9 de abril (405 ddt) del 2014 se consideraron a todas las hojas de la planta para esta medición. Posteriormente, las hojas se sometieron a un secado en un estufa de aire caliente modelo BLUE M POM-246F. El peso específico se obtuvo mediante el cociente de peso seco entre área foliar, donde los resultados se expresaron en mg/cm^2 .

3.4.5. Número de hojas

Esta variable se evaluó en el último muestreo realizado el 9 de Abril (405 ddt), contabilizando el número de hojas totales en toda la planta. Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento.

3.4.6. Número de coronas

La evaluación de esta variable se realizó el 17 de Junio (119 ddt), 10 de Agosto (173 ddt), 4 de Noviembre (251 ddt), 26 de Diciembre (301 ddt) del 2013, y el 13 de Febrero (351 ddt), y el 9 de abril (405 ddt) del 2014, separando y contabilizando el número de coronas totales por planta, Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento, considerando a una planta como una repetición.

3.4.7. Diámetro de corona

El diámetro de corona se evaluó en el último muestreo realizado el 9 de Abril de 2014 (405 ddt), midiéndose en la parte media de la corona principal con un vernier, reportándose los datos en centímetros (cm). Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento, considerando a una planta como una repetición.

3.4.8. Longitud de raíz

Se evaluó en el último muestreo realizado el 9 de abril de 2014 (405 ddt). En cinco plantas por tratamiento, se removió el sustrato a mano y con agua de llave a presión. Posteriormente se midió la raíz a partir de la primera raíz unida a la corona hasta el final de la misma con una regla de 50 cm de longitud, reportándose los datos en centímetros.

3.4.9. Altura de planta

La altura de planta se determinó en cinco plantas el 8 de abril (404 ddt) del 2014, midiéndose a partir de la base de la corona hasta la hoja más alta de la planta, reportándose los datos en centímetros.

3.4.10. Índice de verdor

La medición de esta variable se realizó el 11 de Junio (113 ddt), 6 de Agosto (159 ddt), 10 de Octubre (224 ddt), 20 de Diciembre (295 ddt) del 2013 y, el 10 de Febrero (347 ddt) y 8 de Abril del 2014, utilizándose un medidor portátil Minolta SPAD-502. Se midieron 3 hojas de la parte superior por planta (9 folíolos) completamente expandidas y sanas. Los datos fueron reportados en unidad SPAD.

3.4.11. Carbohidratos en hoja, raíz y corona

El muestreo se llevó a cabo entre los días 9 y 11 de abril de 2014 en los tres cultivares utilizándose cinco plantas por tratamiento considerando a una planta como unidad experimental. Se colectaron muestras de hoja, raíz y corona por unidad experimental. En lo que respecta a hoja, se tomó una muestra de la parte media de la planta, la cual consistió en una hoja totalmente expandida y sana, que posteriormente se troceó. Para corona, se tomó un trozo de aproximadamente 5 g y de 2 cm de diámetro en la parte media de la corona principal, mientras que en raíz la muestra fue obtenida de las raíces caracterizadas por un color blanco. Posteriormente las muestras se almacenaron a -36°C hasta su procesamiento.

Los azúcares totales se determinaron por el método colorimétrico de antrona de acuerdo con Montreuil *et al* (1997). Se pesaron 500 mg de hoja, raíz y tallo (corona), y se realizaron de 3 a 6 extracciones sucesivas con 6 mL de etanol al 80 % en baño María con una temperatura constante de 70 °C durante 10 minutos. Los extractos se evaporaron en un estufa de aire forzado a una temperatura constante de 50 °C, se re-suspendieron en 1 mL de agua destilada. Posteriormente se colocaron en tubos Eppendorf de 2 mL y se mantuvieron a -36 °C hasta su lectura.

De las extracciones de los azúcares de hoja, raíz y corona que se utilizó para la determinación de azúcares totales, se colocaron 300 µL de cada muestra en tubos de

ensaye, y en otro tubo se agregó 300 µL de agua destilada (Tubo blanco). A todos los tubos se le agregaron 3 mL de la solución de antrona y se mezclaron durante 10 minutos en hielo. Después los tubos se transfirieron a baño de agua a 100 °C durante 10 minutos para detener la reacción y los tubos nuevamente fueron colocados en hielo durante 10 minutos. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro modelo Spectronic 20D marca Milton Roy Company a una longitud de onda de 625 nm. Para el cálculo de los azúcares totales se realizó una curva de calibración de glucosa con un intervalo de 0-250 µg µL⁻¹.

3.5. Análisis de Calidad

Las determinaciones de los diferentes parámetros de calidad se llevaron a cabo después de que los frutos fueran cosechados dentro cada parcela experimental, los cuales se cosechaban entre las 7 y 8 am y se colocaron en bolsas Ziploc® para posteriormente trasladarlos al laboratorio de Fisiología y Tecnología Postcosecha de Frutales en el Colegio de Postgraduados para su análisis. Las variables color de fruto, firmeza, SST, acidez titulable y pH se analizaron el 10 de Febrero; mientras que el tamaño se evaluó en el 2013 el 3 de Octubre y 19 de Noviembre y en el año 2014 el 28 de Enero y 10 Febrero. Se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento donde se utilizaron dos frutos por planta.

3.5.1. Tamaño de fruto

En cada fruto se midió su longitud y ancho con un vernier.

3.5.2. Color del fruto

Se determinó por medio de un colorímetro HunterLab (Reston, Virginia, USA; modelo D-25) en frutos con una coloración mayor de ¾ en dos regiones opuestas en la zona ecuatorial en cada fruto. Los parámetros que arrojó el equipo fueron tres: L (Luminosidad); a (tonalidades que van de verde a rojo) y b (tonalidades que van de amarillo a azul). A partir de estos parámetros se calculó el ángulo de tono (Hue) y Pureza (Chroma) de acuerdo a las ecuaciones 1 y 2.

$$\text{Ecuación 1. Angulo de tono} = \tan^{-1} (b/a)$$

$$\text{Ecuación 2. Pureza} = (a^2+b^2)^{1/2}$$

3.5.3. Firmeza del fruto

La firmeza del fruto se determinó por medio de un texturómetro (Wagner, modelo FDV-30), con puntal cónico de 8 mm, se midió en la parte ecuatorial de cada lado de fruto donde se registró la fuerza en Newton (N).

3.5.4. Contenido de sólidos solubles totales (SST)

El contenido de SST se determinó de acuerdo con el método de la AOAC (1990) empleando un refractómetro digital modelo ATAGO PR-32 con una escala de 0-32%, colocando de dos a tres gotas de jugo del poliaquenio en el cristal del aparato, reportando los datos en °Brix (°Bx).

3.5.5. Acidez titulable

Se realizó por el método de la AOAC (1990). Se tomaron 10 g de fruta homogeneizándola con 50 ml de agua destilada. Se midió el volumen total (agua destilada + fruta), después se colocaron 3 gotas de fenoftaleina en solución alcohólica al 1% para después titularla con NaOH al 0.1 N. El porcentaje de acidez se calculó en base al ácido de mayor presencia, en este caso el ácido cítrico de acuerdo a la ecuación 3.

$$\text{Ecuación 3. \% ácido cítrico} = \frac{a * b * c * V}{P * A} * 100 [\%]$$

Donde:

a= Mililitros de NaOH gastados.

b= Normalidad de NaOH empleado.

c= Mili equivalentes de ácido cítrico= 0.064

V= Volumen total (ml de agua + g de pulpa).

P= Peso de muestra.

A= Alícuota.

3.5.6. pH

La medición de esta variable se realizó de acuerdo al método propuesto por la AOAC (1990). Se utilizaron 10 g de muestra homogenizados en 50 mL de agua destilada, dejando reposar durante 5 minutos para su posterior lectura en un potenciómetro modelo 40 pH Meter marca BECKMAN.

3.6. Análisis Nutricional

3.6.1. Procesamiento previo de hoja, raíz y corona.

La concentración nutricional en hoja se determinó el 17 de Junio (119 ddt), 10 de Agosto (173 ddt), 4 de Noviembre (251 ddt), 26 de Diciembre (301 ddt) del 2013, y el 13 de Febrero (351 ddt), y 9 de Abril (405 ddt), mientras que en raíz y corona se realizó el 17

de Junio (119 ddt) del 2013 y el 9 de Abril (405 ddt) del 2014. Los tejidos vegetales se obtuvieron de las mismas plantas utilizadas en la determinación de materia seca y se lavaron con agua destilada y secaron en una estufa de aire caliente modelo BLUE M POM-246F a 70°C por 72 horas. Posteriormente se molió la muestra en un molino de acero inoxidable marca SIEMENS MODELO ASKM con un tamiz de 2 mm. Las muestras se guardaron en sobres de papel para su digestión. Los nutrimentos evaluados fueron N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y B. Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento considerando a una planta como una repetición.

3.6.2. Procesamiento Previo de Fruto

La concentración mineral en frutos se determinó el mes de Diciembre del 2013 y, Enero y Febrero de 2014. Los frutos se obtuvieron de plantas utilizadas en la determinación de rendimiento, y fueron secados en una estufa de aire caliente modelo BLUE M POM-246F a 70°C por 96 horas. Después se molieron en un mortero y se colocaron en un sobre de papel para su digestión. Los nutrimentos evaluados fueron N, P, Ca, Mg, Mn, Fe y B, mientras que K únicamente fue evaluado en el mes de Diciembre de 2013. Se utilizaron tres plantas por tratamiento con dos frutos de cada una como repeticiones.

Procesamiento de la solución madre

Para los nutrimentos P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y B se utilizó una solución madre la cual fue elaborada de la siguiente manera:

Para la digestión se pesó 0.5 g de materia seca del órgano a analizar; cada muestra se colocó en un tubo de digestión de 30 mL, a la cual se le adicionó 6 mL de una solución digestora compuesta de ácido nítrico concentrada, ácido perclórico y ácido sulfúrico, ambos grado reactivo. Después se pusieron a digerir en una plancha con arena a una temperatura de 300 °C hasta que la solución tuviera una coloración cristalina y un volumen de entre 1.5 y 3.0 mL en un tiempo aproximado de cinco horas. Después de enfriarse se colocaban en matraces de 25 mL y se aforaba con agua destilada.

3.6.3. Nitrógeno

La determinación de nitrógeno se realizó por el método de micro Kjendalh (Bremner, 1965). Se pesó 0.1 g de muestra seca y molida, y posteriormente se le agregó 3 mL de una mezcla acida de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido salicílico ($C_7H_6O_3$) y aproximadamente 1 g de mezcla de sulfatos la cual está compuesta de $CuSO_4$ y $NaSO_4$. Durante la destilación se utilizó hidróxido de sodio al 50% (10 N) y la muestra fue titulada con ácido sulfúrico a 0.05 N. Se utilizó la ecuación 4 para calcular el porcentaje de nitrógeno.

$$\text{Ecuación 4 } \% \text{ N} = \frac{\text{mL de H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalidad de H}_2\text{SO}_4 \times 14.007}{\text{Peso de muestra} \times 100}$$

Dónde:

% N= porcentaje de nitrógeno

mL de H₂SO₄= mL gastados de ácido sulfúrico.

N de H₂SO₄= Normalidad de ácido sulfúrico (0.05 N).

0.1 g= 0.1 g de peso de muestra

3.6.4. Fósforo

El Fósforo (P) se cuantificó por el método de Vanadato Molibdato amarillo, utilizando 1 mL de la solución madre agregándole 1.5 mL de La mezcla de Vanadato de amonio y heptamolibdato de amonio. Se aforó a 10 mL con agua destilada y se dejó reposar la muestra por 2 horas para tomar la lectura en un espectrofotómetro modelo Spectronic 20D marca Milton Roy Company a una longitud de onda de 470 nm. Los datos fueron calculados en base una curva de calibración y se utilizó la ecuación 5.

$$\text{Ecuación 5: } \% \text{ P} = \frac{\text{Absorbancia muestra} \times \text{Factor de conversión}}{\text{Absorbancia estándar} \times \text{Volumen muestra}} \times 100$$

3.6.5. Potasio

Para la cuantificación de Potasio (K) se tomó 1 mL de la solución madre y se aforó con agua destilada en un matraz volumétrico de 25 mL (Alcántar y Sandoval, 1999) y posteriormente se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica con emisión de flama marca GBS Scientific Equipment. Los datos fueron calculados de acuerdo a la ecuación 6.

$$\text{Ecuación 6: } \% \text{ K} = \frac{\text{Absorbancia muestra} \times \text{Factor de conversión}}{\text{Absorbancia estándar} \times \text{Volumen muestra}} \times 100$$

3.6.6. Calcio, magnesio, manganeso, fierro y boro

Para la cuantificación de Ca, Mg, Mn, Fe y B, se utilizó la solución madre y posteriormente se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica con inducción acoplada con plasma (ICP) modelo Liberty Series II marca Variant, Alemania. Los datos de Ca y Mg fueron calculados de acuerdo a la ecuación 7, mientras que Mn, Fe y B fueron calculados de acuerdo a la ecuación 8.

$$\text{Ecuación 7. } \% \text{ Ca, Mg} = \frac{\text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia estándar}} \times 100$$

$$\text{Ecuación 8. } \% \text{ Mn, Fe, B} = \text{Factor de conversión} \times \text{Absorbancia muestra}$$

Dónde:

V=Valor reportado

V_B=Valor del blanco

3.7. Análisis Estadístico

Los datos del experimento fueron analizados con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS Ins. Inc., Cary, NC, EE.UU) como un diseño de tratamientos factorial bajo un modelo con diseño experimental de parcelas divididas. Se utilizó el procedimiento GLM para realizar un análisis de varianza y en las variables en las que indicó diferencias significativas entre tratamientos se hizo una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey al 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Acumulación de Materia Seca

4.1.1. Hoja

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativo en las seis fechas de evaluación del peso seco de hoja (PSH) ($P > 0.3625$; $P > 0.7020$; $P > 0.3621$; $P > 0.4658$; $P > 0.6636$; $P > 0.7567$). La interacción variedad x método de desinfección no mostró ser estadísticamente significativa en las seis evaluaciones de PSH ($P > 0.7512$; $P > 0.0583$; $P > 0.6719$; $P > 0.8992$; $P > 0.5788$; $P > 0.1834$). El efecto de la interacción método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística a los 119, 173, 251, 301 y 351 DDT ($P > 0.9418$; $P > 0.2736$;

$P > 0.3194$; $P > 0.1580$; $P > 0.5059$); mientras que a los 405 DDT la interacción si fue significativa ($P < 0.0273$), donde, el PSH fue mayor (12.21 g) cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) fue inoculado con micorrizas, sin embargo, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor PSH (6.97 g) (Figura 1). También se encontró que a los 405 DDT los métodos de desinfección aplicados al sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) incrementaron el PSH en comparación con el testigo (sin desinfección); sin embargo, el PSH se vio afectado cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado con los cuatro métodos de desinfección estudiados, mientras que el testigo (no desinfección) comparativamente lo incrementó (Figura 1).

Por su parte, el efecto de la interacción variedad x sustrato no mostró significancia estadística a los 119 ($P > 0.4104$), 173 ($P > 0.4119$), 301 ($P > 0.3550$) y 351 DDT ($P > 0.9452$); mientras que a los 251 y 405 DDT la interacción mostró ser estadísticamente significativa en el PSH ($P < 0.0031$; $P < 0.0180$, respectivamente), en el cual, a los 251 DDT el cultivar Jacona tuvo el mayor PSH (23.76 g) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que el cultivar Festival tuvo el menor PSH (12.12 g) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Además se encontró que el uso del sustrato elaborado a base de composta en los tres cultivares incrementó el PSH aproximadamente en un 50 % en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 2a). Por otra parte, en la última evaluación (405 DDT) el cultivar Festival tuvo mayor PSH (11.64 g) cuando se creció en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el PSH de este cultivar plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue menor (8.82 g). Se muestra que en esta fecha el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementó el PSH en los cultivares Festival y Zamorana, mientras que el cultivar Jacona tuvo el mayor PSH cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 2b).

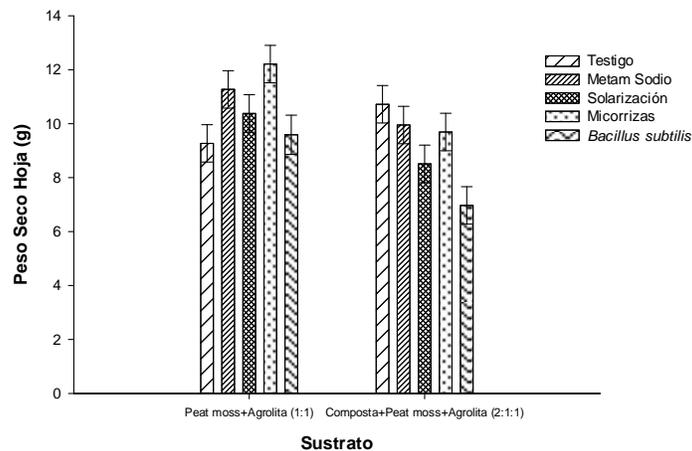


Figura 1. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de hoja (PSH) de tres cultivares de fresa cultivados en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

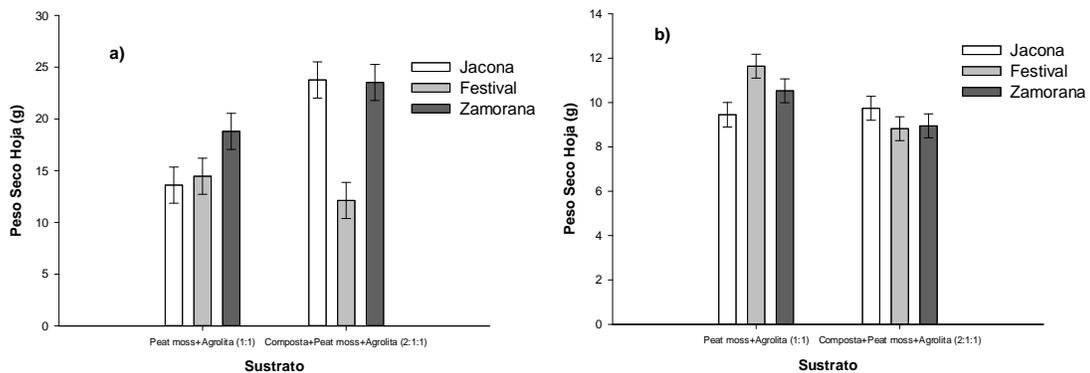


Figura 2. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas en el PSH a los 173 ($P > 0.1149$), 251 ($P > 0.2327$), 301 ($P > 0.3863$) y 351 DDT ($P > 0.3923$); mientras que a los 119 y 405 DDT si hubo diferencias ($P < 0.0260$; $P > 0.0022$, respectivamente). A los 119 DDT el testigo (no desinfección) tuvo estadísticamente

mayor PSH y este fue diferente de *Bacillus subtilis*. Sin embargo, a los 405 DDT las micorrizas y metam sodio tuvieron estadísticamente mayor PSH comparado con *Bacillus subtilis* (Cuadro 2). Lo anterior es similar a lo reportado por Larson y Shawn (1996) y Leonor *et al.* (2007) quienes observaron en fresa que al aplicar método químico de desinfección del suelo, el peso seco de hoja se incrementa en comparación a cuando no se aplica. Por su parte, Castellanos-Morales *et al.* (2012) reportaron que la inoculación de micorrizas en fresa incrementa el peso seco de hoja debido a que las micorrizas mejoran el crecimiento y nutrición de la planta.

Por otra parte, los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas en el PSH a los 119 ($P > 0.2445$) y 173 DDT ($P > 0.6803$); mientras que a los 251, 301, 351 y 405 DDT si hubo efecto significativo ($P < 0.0049$; $P < 0.0022$; $P < 0.0010$; $P > 0.0024$, respectivamente). A los 251 DDT, el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el PSH en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1); sin embargo, a los 301, 351 y 405 DDT, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) resultó ser estadísticamente mayor PSH que el de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 2). Alvarado *et al.* (2014) encontraron en fresa que el uso de sustratos a base de composta incrementa el PSH en el cultivar Jacona. Asimismo, Hammad *et al.* (2014) demostraron que mediante la adición de composta al suelo se incrementa el peso seco foliar. De acuerdo con los autores antes citados, este efecto se observa en las primeras tres evaluaciones (119, 173 y 251 DDT) del presente trabajo, en el que se observa una tendencia hacia un mayor PSH cuando se utiliza el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Otros reportes en fresa han demostrado que el uso de vermicomposta incrementa el PSH (Arancon *et al.*, 2004). Con respecto a los niveles del factor variedad, estos no fueron diferentes a los 119 ($P > 0.2842$), 173 ($P > 0.1483$), 301 ($P > 0.1479$), 351 ($P > 0.1727$) y 405 DDT ($P > 0.5576$), mientras que a los 251 DDT si hubo diferencias significativas ($P = 0.0287$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo un PSH estadísticamente mayor que el cultivar Festival (Cuadro 2).

En el Cuadro 2 se observa que los niveles de los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron una disminución significativa en el PSH a partir de los 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y esto se debe principalmente al inicio del periodo de fructificación (3 de Octubre 2013), durante el cual los fotoasimilados se destinan principalmente al desarrollo y maduración de frutos, resultando en una reducción en el crecimiento vegetativo ya que el fruto demanda más del 50% de la materia seca (May *et al.*, 1994; Larson y Shawn, 1996; Darnell, 2003; Hidaka *et al.*, 2013). Por otra parte, May *et al.* (1994) encontraron que la biomasa de la planta disminuyó alrededor del 50

% durante los meses de invierno y fue la hoja el órgano que más biomasa perdió; esto coincide con los resultados de la presente investigación, ya que a partir de los 251 DDT (4 de Noviembre, 2013) el peso seco de la hoja comenzó a disminuir.

Kadir *et al.* (2006) reportaron que a regímenes de temperatura de 30/25°C la materia seca en la hoja se incrementa significativamente, mientras que a regímenes de temperatura de 40/35°C la biomasa en hoja se reduce hasta en un 34 %.

Cuadro 2. Acumulación de materia seca en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados con diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Materia Seca Hoja (g)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	8.04 a ^x	14.39 a	17.06 a	13.88 a	11.06 a	9.99 ab
	Metam Sodio	5.65 ab	14.58 a	20.51 a	13.82 a	12.63 a	10.61 a
	Solarización	5.87 ab	14.17 a	18.56 a	11.11 a	13.03 a	9.45 ab
	Micorriza <i>Bacillus subtilis</i>	5.76 ab	11.72 a	15.44 a	12.06 a	10.37 a	10.95 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	5.87 a	12.94 a	15.62 b	14.29 a	13.26 a	10.58 a
	Composta+	6.46 a	13.39 a	19.80 a	10.66 b	9.80 b	9.17 b
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	5.32 a	12.66 a	18.68 ab	12.32 a	12.31 a	9.63 a
	Festival	5.70 a	11.41 a	13.29 b	10.60 a	10.60 a	10.23 a
	Zamorana	7.48 a	15.43 a	21.16 a	14.32 a	14.31 a	9.74 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	s	ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	s
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey (=0.05).

4.1.2. Raíz

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativo para las fechas de evaluación del peso seco de raíz (PSR)

($P > 0.7615$; $P > 0.8092$; $P > 0.7924$; $P > 0.1323$; $P > 0.3092$; $P > 0.5904$, respectivamente). Tampoco mostró significancia estadística el efecto de la interacción variedad x método de desinfección en el PSR ($P > 0.6750$; $P > 0.5259$; $P > 0.5731$; $P > 0.4844$; $P > 0.6739$; $P > 0.2627$).

Por otra parte, no fue significativo el efecto de la interacción variedad x sustrato a los 119 ($P > 0.2262$), 173 ($P > 0.5299$), 301 ($P > 0.1344$) y 351 DDT ($P > 0.7507$); sin embargo, esa interacción si fue significativa a los 251 y 405 DDT ($P < 0.0037$; $P < 0.0261$, respectivamente). A los 251 DDT, el PSR se incrementó significativamente (9.33 g) en el cultivar Festival cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) en comparación con la misma variedad cuando fue plantada en sustrato con adición de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde el PSR fue menor (2.45 g). Sin embargo, en la última evaluación (405 DDT), el cultivar Zamorana tuvo el mayor PSR cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) (6.34 g), mientras que el cultivar Festival tuvo el menor PSR (2.19 g) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Se encontró también que a los 251 y 405 DDT los tres cultivares incrementaron el PSR en un 40 % aproximadamente cuando estos se plantaron en el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual tuvo los pesos secos de raíz más bajos (Figura 3a y Figura 3b). Se observó una disminución del PSR en los tres factores principales durante el experimento a los 405 DDT en comparación a los 251 DDT y esto se puede deber principalmente a que la materia seca se pudo haber acumulado más en otros órganos de demanda como la tallo y fruto principalmente (Figura 3).

La interacción método de desinfección x sustrato no tuvo efecto significativo a los 119 ($P > 0.5395$), 173 ($P > 0.3607$), 251 ($P > 0.8733$), 351 ($P > 0.3223$) y 405 DDT ($P > 0.5066$); mientras que a los 301 el efecto de la interacción si fue significativo ($P < 0.0032$). En esta fecha, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) incrementó significativamente el PSR (12.87 g) cuando fue desinfectado por el método físico (solarización) en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con *Bacillus subtilis* que resultó en un PSR menor (3.31 g) (Figura 4).

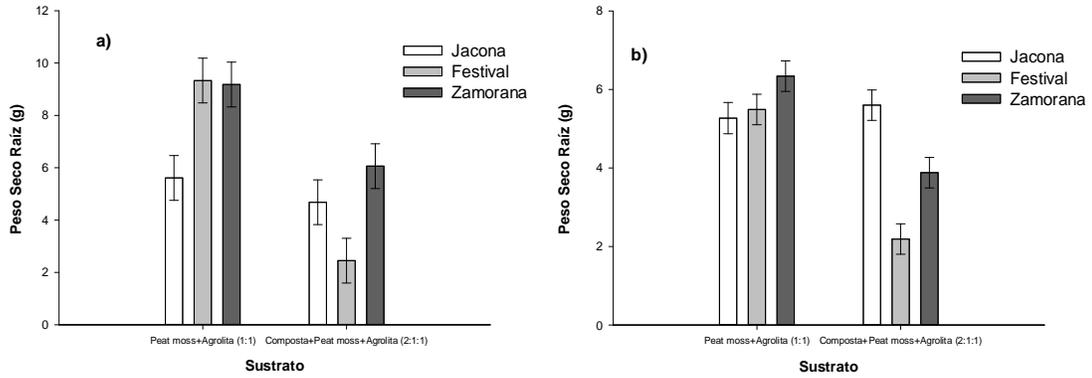


Figura 3. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

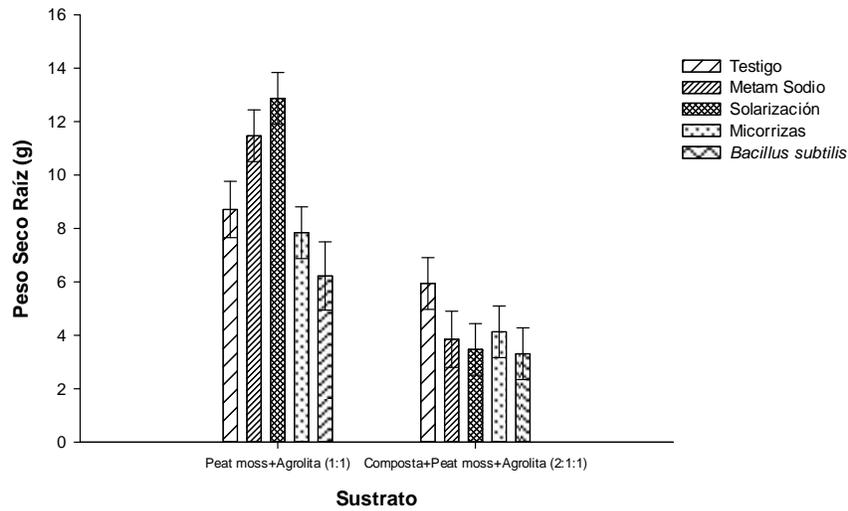


Figura 4. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de raíz (PSR) de tres cultivares de fresa cultivadas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No hubo diferencias significativas entre los niveles del factor método de desinfección a los 251 ($P>0.3765$) y 405 DDT ($P>0.4796$); mientras que a los 119, 173, 301 y 351 DDT si se mostraron diferencias en este factor ($P<0.0176$; $P<0.0196$; $P<0.0147$; $P<0.0268$, respetivamente). A los 119 y 173 DDT, las micorrizas tuvieron un PSR significativamente menor que el testigo (no desinfección). En la cuarta fecha de evaluación (301 DDT), el método físico (solarización) y químico (metam sodio) tuvieron estadísticamente mayor PSR, en comparación con *Bacillus*. Sin embargo, en la quinta fecha de evaluación (351 DDT), el método físico (solarización) fue estadísticamente mayor respecto de *Bacillus subtilis*, micorrizas y del método químico (metam sodio) (Cuadro 3). Por su parte, Larson y Shawn (1996) y Leonor *et al.* (2007) muestran en sus experimentos que al aplicar un método químico de desinfección al suelo, el peso seco de raíz se incrementa en comparación con el control (sin desinfección) y esto efecto fue observado en nuestro experimento a los 301 DDT cuando se aplicó metam sodio. Sin embargo, Matsubara *et al.* (2009) encontraron que mediante la inoculación de *Glomus mosseae* y *Glomus aggregatum* en plantas de Fresa del cultivar Nohime, el peso seco de raíz fue mayor y Li *et al.* (2010) reportan que el peso de raíz se incrementa cuando se inocula con micorrizas (*Glomus mosseae*). Sin embargo, en nuestro experimento no hubo un buen efecto de la micorriza sobre el peso seco de raíz a los 119, 173 y 351 DDT y eso se pudo haber debido a diferencias en cuanto al tipo de micorriza utilizada en cada experimento y al cultivar estudiado. Por otra parte, se ha reportado en fresa que la inoculación de *Bacillus subtilis* incrementa el peso seco de raíz alcanzando pesos de hasta 20.4 g en comparación en aquellas plantas donde no se inoculó esta bacteria donde los pesos secos en raíz fueron bajos (Tahmatsidou *et al.*, 2006). Sin embargo, en el presente estudio no se ve un buen efecto de *Bacillus subtilis* en las seis evaluaciones y eso se pudo haber debido a que el método químico y físico, y el testigo fueron más eficientes ya que estos autores en su trabajo únicamente compararon *Bacillus subtilis* con micorrizas (*Glomus mossae* y *Glomus intraradices*).

Los niveles del factor sustrato tuvieron diferencias altamente significativas en las seis evaluaciones del PSR ($P<0.0006$; $P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0001$), en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) incrementó significativamente el PSR, siendo estadísticamente diferente del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 3). Lo anterior coincide con lo reportado por Ercisli *et al.* (2005) quienes demostraron que el peso seco de raíz se incrementa cuando plantas de fresa fueron plantadas en peat moss y agrolita. Por su parte, Djedidi *et al.* (1999) mencionan que la adición de agrolita en el sustrato hace que la raíz tenga una mejor capacidad de movilidad haciendo que este órgano

tenga más crecimiento. Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) encontraron en fresa que el uso de composta elaborada a base de ovino tiene una tendencia de incrementar el PSR en comparación a cuando se utilizó únicamente peat moss y agrolita. Esta diferencia en nuestro estudio se pudo haber debido a las diferentes condiciones en las que se llevó a cabo cada experimento y al origen de la composta, ya que a pesar de que el origen de la misma fue también de estiércol ovino, el compostaje pudo haber sido diferente (Alvarado *et al.*, 2014).

Con respecto al efecto de los niveles del factor variedad, estos no fueron estadísticamente diferentes a los 119 ($P > 0.0995$), 173 ($P > 0.5941$), 251 ($P > 0.1880$) y 351 DDT ($P > 0.2082$); mientras que a los 301 y 405 DDT sí hubo diferencia estadística ($P < 0.0005$; $P < 0.0246$, respectivamente). A los 301 DDT, Zamorana fue el cultivar con mayor PSR, siendo estadísticamente superior respecto a los cultivares Festival y Jacona. Para la última fecha de evaluación (405 DDT), los cultivares Jacona y Zamorana fueron estadísticamente iguales teniendo los mayores PSR y estos a su vez fueron estadísticamente superiores al cultivar Festival (Cuadro 3).

En el Cuadro 3 se observa que el PSR en los factores método de desinfección, sustrato tiene un incremento significativo de los 119 hasta los 301 DDT, sin embargo, a los 351 y 405 DDT el peso seco de este órgano disminuyó significativamente, y esta disminución se puede explicar principalmente a que los fotoasimilados almacenados en raíz son usados para el crecimiento de las inflorescencias y el fruto principalmente, el cual es un órgano con una fuerte demanda durante su desarrollo y maduración (Larson y Shawn, 1996; Nishizawa y Shishido, 1998). Otro de los factores que pudo haber afectado el peso seco de este órgano es la temperatura, ya que en un experimento realizado por Harbut *et al.* (2010) encontraron en fresa que a altas temperaturas (30/25°), la raíz es el órgano con menor acumulación de materia seca en comparación con la hoja y tallo. Lo anterior coincide con Kadir *et al.* (2006) quienes mostraron que la biomasa de raíz se ve afectada a temperaturas de 40/35°C indicando que este órgano es mucho más sensible a altas temperaturas que los brotes (hoja+tallo). Por su parte, May *et al.* (1994) indican que en fresa la biomasa de la raíz disminuye durante las etapas entre letargo y fructificación.

Cuadro 3. Acumulación de materia seca en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Materia Seca de Raíz (g)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	3.04 a ^x	7.22 a	6.02 a	7.16 ab	5.09 ab	4.56 a
	Metam Sodio	2.61 ab	5.98 ab	7.03 a	7.93 a	5.06 b	4.44 a
	Solarización	2.49 ab	6.23 ab	6.98 a	8.17 a	7.71 a	4.15 a
	Micorriza	1.67 b	2.41 b	5.08 a	5.99 ab	4.99 b	4.14 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.87 ab	4.05 ab	5.99 a	4.72 b	4.65 b	3.70 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	2.96 a	7.50 a	8.04 a	9.61 a	7.01 a	5.36 a
	Composta+	1.72 b	3.26 b	4.40 b	4.17 b	3.91 b	3.04 b
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	2.06 a	4.69 a	5.15 a	5.65 b	6.26 a	3.65b
	Festival	2.89 a	6.09 a	5.89 a	5.73 b	4.84 a	3.84 ab
	Zamorana	2.13 a	5.36 a	7.62 a	9.05 a	5.36 a	5.11 a
V x MD		s	ns	ns	ns	ns	s
V x S		ns	ns	s	ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns	s	ns	s
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	s

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.1.3. Tallo

No hubo efecto significativo en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en el peso seco de tallo (PSC) a los 119 ($P>0.0647$), 173 ($P>0.1650$), 301 ($P>0.7928$), 351 ($P>0.4699$) y 405 DDT ($P>0.5810$); mientras que a los 251 DDT la triple interacción si tuvo efecto significativo sobre esta variable ($P<0.0330$), en el cual, el mayor PSC fue mayor (7.80 g) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado con el método físico (solarización); sin embargo, el PSC fue menor (2.83 g) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato de composta peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con micorrizas.

La interacción variedad x método de desinfección no mostró significancia estadística en las seis fechas de evaluación del PSC ($P>0.2131$; $P>0.4825$; $P>0.3250$; $P>0.9747$; $P>0.4634$; $P>0.3644$, respectivamente). Tampoco hubo un efecto significativo en la interacción del factor método de desinfección x sustrato ($P>0.2222$; $P>0.4838$; $P>0.4688$; $P>0.1505$; $P>0.3739$; $P>0.1477$, respectivamente).

Por otra parte, la interacción variedad x sustrato no mostró efecto significativo a los 173 ($P>0.3726$), 301 ($P>0.3495$) y 351 DDT ($P>0.4199$); sin embargo, a los 119, 251 y 405 DDT la interacción sí fue significativa ($P<0.0121$; $P<0.0022$; $P<0.0001$, respectivamente). En la primera evaluación (119 DDT), el cultivar Zamorana tuvo el mayor PSC (2.17 g) cuando se plantó en el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el cultivar Festival tuvo el menor PSC (1.37 g) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Se encontró en esta fecha de evaluación que los tres cultivares incrementaron el PSC cuando fueron plantadas en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando los cultivares fueron plantados en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 5a). En la tercera evaluación (251 DDT), el cultivar Jacona tuvo el mayor PSC (5.61 g) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que el menor PSC (3.68 g) se encontró cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1). Además, se encontró un ligero aumento en el PSC en los cultivares plantados en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). También se muestra que en la tercera fecha de evaluación (251 DDT) en comparación con la primera (119 DDT), hay un aumento en el PSC en los tres cultivares cuando fueron plantados en ambos sustratos (Figura 5b). Este aumento de peso seco en tallo se debió al crecimiento y desarrollo de este órgano.

Sin embargo, a los 405 DDT, el cultivar Festival tuvo el mayor PSC (8.33 g) cuando este se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el cultivar Jacona tuvo el menor PSC (3.92 g) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1). Además se encontró que el cultivar Jacona tuvo los menores PSC cuando se plantó en ambos sustratos, mientras que el cultivar Festival tuvo un PSC mayor a los 405 DDT en comparación a los 119 y 251 DDT (Figura 5c).

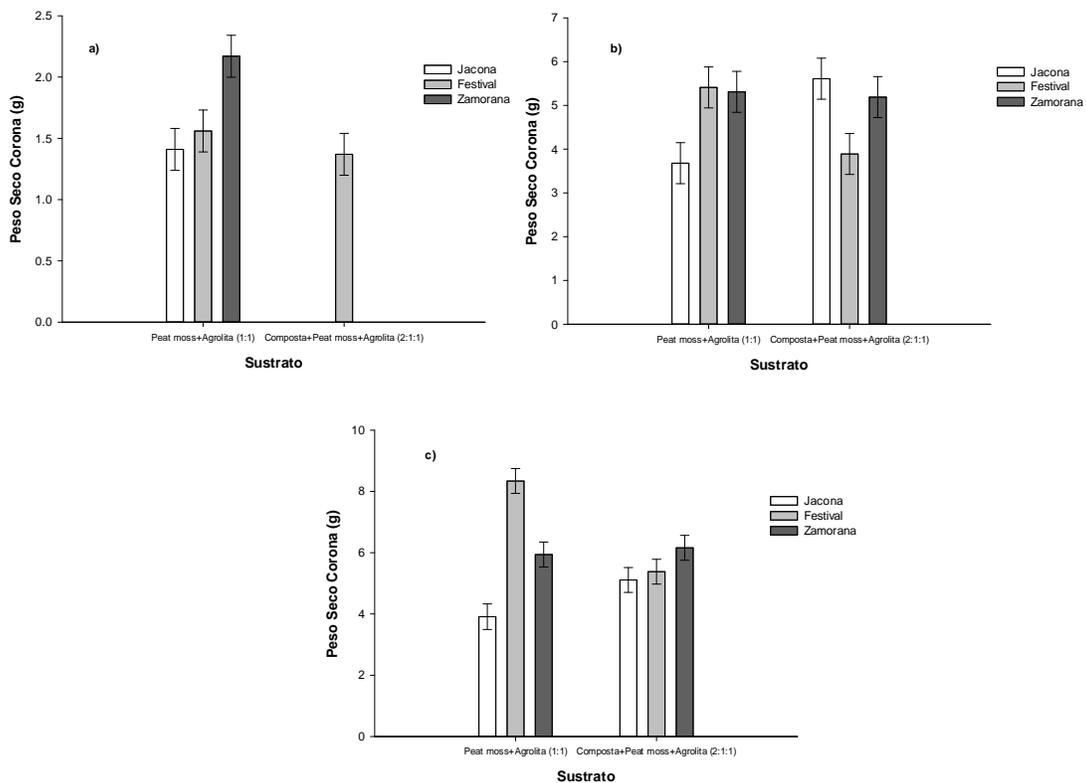


Figura 5. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el peso seco de tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013), b) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y c) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en el PSC a los 119 ($P>0.3749$) y 251 DDT ($P>0.0637$), mientras que a los 173, 301, 351 y 405 DDT si hubo diferencias en el PSC ($P<0.0050$; $P<0.0415$; $P<0.0258$; $P<0.0304$, respectivamente). En la segunda fecha de evaluación (173 DDT), el método de desinfección químico (metam sodio) y el testigo (no desinfección) tuvieron un PSC estadísticamente mayor al obtenido con las micorrizas. Sin embargo, a los 301 y 405 DDT, el testigo (sin desinfección) tuvo un PSC que solamente fue estadísticamente superior al de *Bacillus subtilis*. En la quinta evaluación (351 DDT), el método físico (solarización) resultó en un PSC estadísticamente superior al obtenido con las micorrizas. (Cuadro 4). Sin embargo, Larson y Shawn (1996) y Leonor *et al.* (2007)

muestran en sus experimentos que al aplicar método químico al suelo, el peso seco de tallo se incrementa en comparación con el control (sin desinfección), este efecto es similar a lo encontrado en este experimento en las seis evaluaciones cuando se aplicó el método químico (metam sodio) como desinfectante químico (Cuadro 4).

El sustrato no tuvo efecto significativo en el PSC a los 119 ($P>0.6752$), 251 ($P>0.8078$), 351 ($P>0.0681$) y 405 DDT ($P>0.1277$); mientras que a los 173 y 301 DDT si hubo diferencias significativas atribuibles al sustrato ($P=0.0045$ y $P=0.0282$, respectivamente). A los 173 y 301 DDT, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró el PSC y estadísticamente fue diferente respecto al sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde el PSC fue menor (Cuadro 4). Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) no encontraron diferencias en el PSC en fresa del cultivar Jacona cuando se utilizó composta como sustrato en comparación cuando se utilizó peat moss y agrolita. Esta diferencia se pudo haber debido a que los autores antes mencionados únicamente realizaron un muestreo destructivo el cual fue hecho a los 207 DDT pero no especifican la etapa fenológica en la que se encontraban las plantas, mientras que en el presente estudio si se especifica el tiempo y la etapa fenológica de la planta ya que a los 173 DDT (5 de Agosto de 2013) las plantas se encontraban en crecimiento vegetativo y a los 301 DDT (26 de Agosto de 2013) la planta se encontraba en producción de fruto.

Con respecto a los niveles del factor variedad, no hubo diferencias estadísticas en el PSC a los 119 ($P>0.3020$), 173 ($P>0.4014$), 251 ($P>0.4678$), 301 ($P>0.0927$) y 351 DDT ($P>0.4599$); pero a los 405 DDT si hubo significancia ($P=0.0014$), en el cual, los cultivares Festival y Zamorana tuvieron los PSC más altos siendo estadísticamente iguales y estos a su vez fueron diferentes respecto al cultivar Jacona (Cuadro 4).

En el Cuadro 4 se observa que los niveles de los factores Método de Desinfección, Sustrato y Variedad tuvieron un aumento significativo en el PSC de tallo a partir de los 119 y hasta los 301 DDT, siendo esta última donde se encontró el mayor PSC y este incremento se debe a la formación de nuevas tallos ya que la formación de nuevas tallos depende de la duración del día principalmente en fotoperiodos cortos (menos de 14 h) (Darnell *et al.*, 2003); aunque May *et al.* (1994) reportan en fresa que durante el periodo de letargo y fructificación la biomasa de la tallo permanece constante.

Cuadro 4. Acumulación de materia seca en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Materia Seca de Tallo (g)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.87 a ^x	2.78 a	4.89 a	9.19 a	6.44 ab	6.37 a
	Metam Sodio	1.61 a	2.95 a	5.13 a	8.88 ab	6.92 ab	6.21 ab
	Solarización	1.75 a	2.35 ab	5.77 a	7.12 ab	8.84 a	5.91 ab
	Micorriza	1.25 a	1.53 b	4.10 a	7.58 ab	5.85 b	5.77 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.81 a	1.96 ab	4.36 a	5.77 b	6.31 ab	4.87 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.71 a	2.69 a	4.80 a	8.63 a	7.43 a	6.12 a
	Composta+	1.66 a	1.96 b	4.90 a	6.85 b	6.29 a	5.55 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	1.68 a	2.12 a	4.64 a	6.18 a	6.32 a	4.57 b
	Festival	1.46 a	2.68 a	4.65 a	7.77 a	7.41 a	6.86 a
	Zamorana	1.95 a	2.18 a	5.25 a	9.21 a	6.90 a	6.05 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x S		S	ns	s	ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	s	ns	ns	ns

^xValores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.1.4. Fruto

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa estadísticamente en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo ($P>0.8104$, $P>0.5354$, $P>0.5227$; $P>0.9394$; $P>0.0968$, respectivamente); mientras que en el mes de Octubre, la interacción de los niveles variedad, método de desinfección y sustrato si fue significativa ($P=0.0494$), donde el peso seco de fruto (PSF) fue mayor cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo) (12.90 g); sin embargo, el PSF fue menor (2.37 g) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*.

La interacción variedad x método de desinfección no fue significativa en los seis meses de evaluación ($P>0.5377$; $P>0.7170$; $P>0.5543$; $P>0.4514$; $P>0.4871$; $P>0.2908$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x sustrato no fue significativa en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero ($P>0.5169$; $P>0.0949$; $P>0.5173$; $P>0.8238$; $P>0.0590$, respectivamente), mientras que, en el mes de Marzo la interacción si mostró significancia estadística ($P=0.0032$), en el cual, el PSF fue mayor (4.02 g) cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), sin embargo, el PSF fue menor cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (0.66 g). También se encontró que en este mes, el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvo un efecto significativo ya que incrementó el PSF en los cultivares Jacona y Festival en comparación a cuando estos mismos cultivares se plantaron en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) los cuales tuvieron los PSF más bajos (Figura 6).

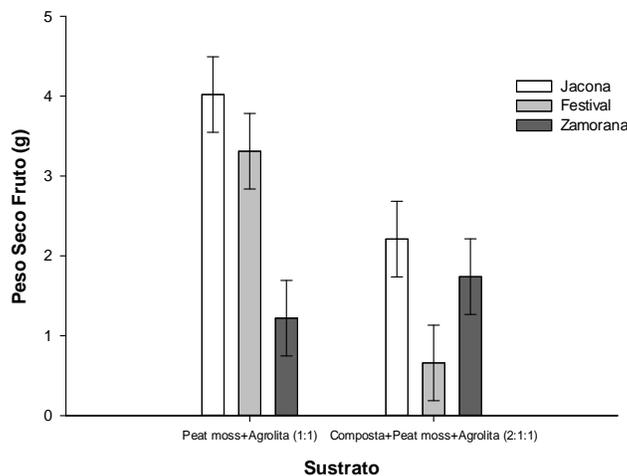


Figura 6. Efecto de la Interacción variedad x sustrato en el peso seco de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=5$).

No hubo efecto significativo para la interacción método de desinfección x sustrato en los meses de Octubre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo ($P>0.6869$; $P>0.0767$; $P>0.3397$; $P>0.1456$; $P>0.1140$, respectivamente), sin embargo, en el mes de Noviembre la interacción si fue estadísticamente significativa ($P=0.0343$), donde, el sustrato elaborado

a base de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con micorrizas incrementó el PSF (8.28 g), mientras que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* disminuyó el PSF (2.72 g) (Figura 7). En la Figura 7 también se muestra que el PSF fue mayor cuando el sustrato de peat moss y agrolita fue desinfectado por los cuatro métodos de desinfección estudiados comparado con el testigo donde se observó el PSF más bajo, mientras que en el sustrato elaborado con composta, peat moss y agrolita (1:1), sin desinfectar (testigo) tuvo un PSF mayor en comparación con el método físico (solarización), y con la inoculación con *Bacillus subtilis* y con micorrizas.

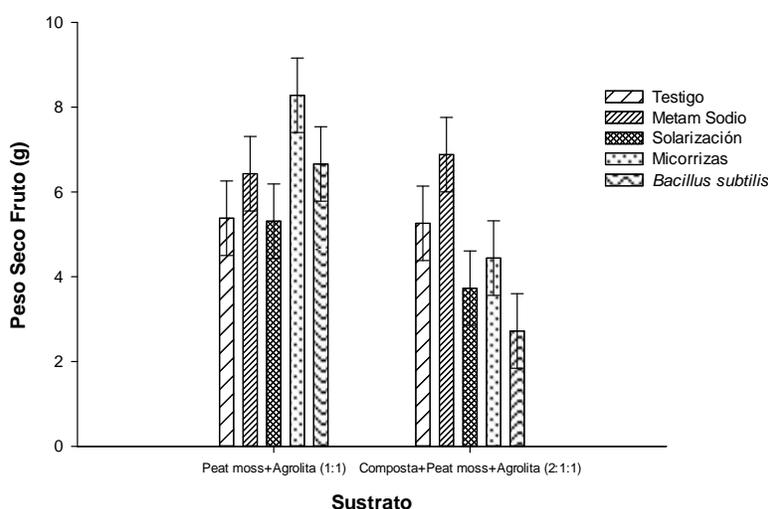


Figura 7. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el peso seco de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron diferencias significativas en el PSF en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Marzo ($P > 0.0539$; $P > 0.1438$; $P > 0.1273$; $P > 0.3913$, respectivamente), sin embargo, en los meses de Octubre y Febrero si hubo diferencias ($P = 0.0177$; $P = 0.0089$, respectivamente), donde, en el mes de Octubre el método de desinfección químico (metam sodio) tuvo un PSF estadísticamente mayor que *Bacillus subtilis*. En el mes de Febrero, el testigo (no desinfección) tuvo un PSF estadísticamente mayor en comparación con *Bacillus subtilis* (Cuadro 5).

Los niveles del factor sustrato no influyeron significativamente en los meses de Diciembre ($P > 0.5367$) y Enero ($P > 0.1533$), mientras que en los meses de Octubre, Noviembre, Febrero y Marzo si hubo diferencias ($P = 0.0128$, $P = 0.0015$; $P = 0.0429$; $P = 0.0009$, respectivamente). En Octubre, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita incrementó significativamente el PSF comparado con el sustrato a base de peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que en los meses de Noviembre, Febrero y Marzo el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) mejoró el PSF respecto del sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 5). El incremento de PSF en el mes de Octubre coincide a los reportado por Alvarado *et al.* (2014) quienes encontraron que el uso de composta a base de estiércol de ovino y vacuno como sustrato en fresa a diferentes dosis mejora significativamente el PSF en comparación a cuando utilizaron peat moss y agrolita. También otros autores han reportado incrementos en el porcentaje de materia seca en fruto de 7.3% (Abu-Zahra *et al.*, 2007), 8.1-8.9 % (Cayuela *et al.*, 1997), 9.65% (Manleitner *et al.*, 2002) y 9.9-11.4% (Hakala *et al.*, 2002) cuando se utilizan sistemas de producción orgánica, las cuales incluyen la adición de compostas.

En lo que respecta a los niveles del factor variedad, no se encontraron diferencias significativas en los meses de Noviembre, Enero y Marzo ($P > 0.3102$; $P > 0.3196$; $P > 0.1736$, respectivamente), pero si en los meses de Octubre, Diciembre y Febrero ($P = 0.0142$; $P = 0.0002$; $P = 0.0001$, respectivamente). En el mes de Octubre, el cultivar Festival tuvo el mayor PSF y sólo fue estadísticamente superior del cultivar Jacona. Sin embargo, en el mes de Diciembre el PSF fue mayor en el cultivar Jacona siendo diferente respecto de los cultivares Zamorana y Festival. En el mes de Febrero, el cultivar Zamorana tuvo el mayor PSF en comparación con los cultivares Festival y Jacona (Cuadro 5). Estas diferencias entre cultivares se debió a que en el mes de Octubre, Festival tuvo una floración más temprana que los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) ya que después se observa una disminución del PSF a través de los meses de evaluación, mientras que los cultivares mexicanos empezaron a incrementar su PSF a partir del mes de noviembre (Cuadro 5).

Se observa en el Cuadro 5 que los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron la mayor acumulación de materia seca en fruto en los meses de Octubre y Febrero mientras que el menor PSF fue en el mes de Marzo, y esto se debe principalmente a que en los meses de Octubre y Febrero el rendimiento de peso fresco fue mayor y en el mes de Marzo fue menor (Cuadro 9), esto quiere decir que el peso seco de fruto está altamente relacionado con el rendimiento por lo que a mayor rendimiento mayor peso seco de fruto.

Cuadro 5. Acumulación de materia seca en fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Materia Seca Fruto (g)					
Factores	Niveles	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Método de Desinfección (MD)	Testigo	7.60 a ^x	5.32 a	3.27 a	3.84 a	11.66 a	1.61 a
	Metam Sodio	8.05 a	6.65 a	1.63 a	2.10 a	11.01 a	2.44 a
	Solarización	5.48 a	4.52 a	2.60 a	3.40 a	8.95 ab	2.58 a
	Micorriza	7.78 a	6.36 a	3.32 a	4.19 a	9.77 ab	1.84 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	4.65 a	4.69 a	2.67 a	3.15 a	7.49 b	2.50 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	5.72 b	6.41 a	2.84 a	2.96 a	10.58 a	2.85 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	7.70 a	4.61 b	2.55 a	3.72 a	8.97 b	1.54 b
Variedad (V)	Jacona	5.65 b	5.64 a	4.16 a	3.19 a	7.70 b	3.11 a
	Festival	7.93 a	4.85 a	1.65 b	2.71 a	8.87 b	1.99 a
	Zamorana	6.55 ab	6.05 a	2.28 b	4.12 a	12.76 a	1.48 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns	ns	s
MD x S		ns	s	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		s	ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.2. Acumulación y Distribución de Biomasa en el Tiempo

En el efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística en las cinco fechas de evaluación ($P>0.3453$; $P>0.6963$; $P>0.7625$; $P>0.3837$; $P>0.5238$, respectivamente). Por otra parte, el efecto de la interacción variedad x método de desinfección no fue estadísticamente significativo a los 119 ($P>0.6340$), 173 ($P>0.1559$), 251 ($P>0.4987$), y 301 DDT ($P>0.8194$), sin embargo, a los 351 DDT si fue significativo el efecto de la interacción ($P=0.0426$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo el mayor Peso Seco de Planta (PSP) (62.08 g) cuando se plantó en sustratos que fueron sometidos al método físico (solarización), mientras que, el mismo cultivar tuvo el menor PSP (40.22 g) cuando los sustratos fueron inoculados con *Bacillus subtilis* (Figura 8). En la Figura 8 se muestra

que la mayor acumulación de materia seca en todas las interacciones de los niveles de variedad y método de desinfección se obtuvo en el fruto, con valores de entre 41.9 y 62.1 % correspondiendo los mayores valores cuando los tres cultivares fueron inoculados con micorrizas. En hoja, la acumulación de materia seca tuvo valores de entre 19.4 y 26.6 % siendo el segundo órgano que más materia seca acumuló. En lo que respecta a materia seca en tallo se observa que es el tercer órgano que más biomasa seca acumula con valores de entre 10.1 y 18.6 %. La raíz fue el órgano que menos biomasa acumuló con respecto de los demás órganos con valores de entre 8.0 y 16.6 % (Figura 8).

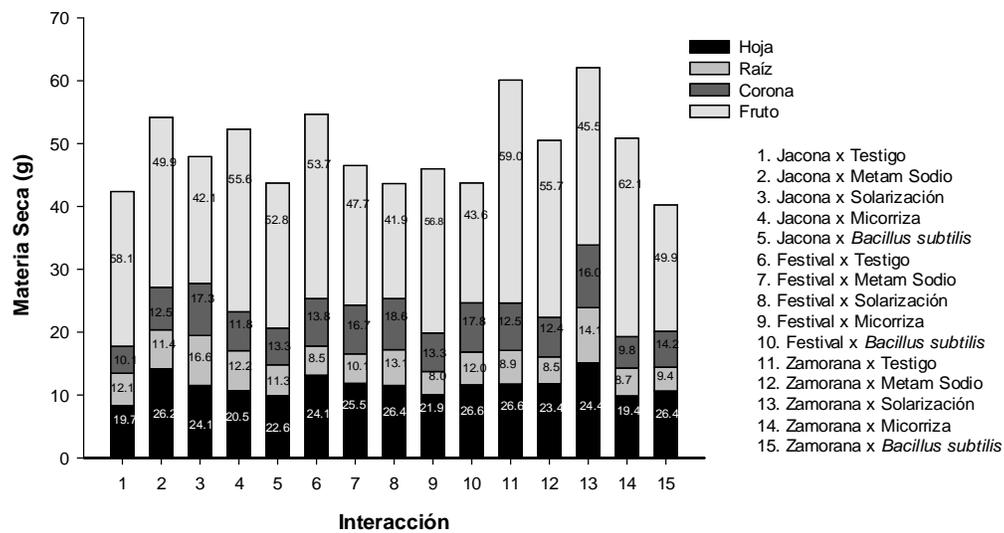


Figura 8. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 351 DDT (13 de Febrero de 2014) (n=3).

Por su parte, el efecto de la interacción de los factores método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativo a los 119 ($P > 0.7746$), 173 ($P > 0.3290$), 251 ($P > 0.2689$) y 351 DDT ($P > 0.2094$), mientras que a los 301 DDT la interacción fue significativa ($P < 0.0071$), donde, el PSP fue mayor (54.25 g) cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado por el método químico (metam sodio), sin embargo, el PSP fue menor (29.74 g) cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue inoculado con *Bacillus subtilis*. Se observa que para esta fecha también hubo significancia estadística en los niveles de los

factores método de desinfección y sustrato donde el fruto es el órgano que más acumula materia seca con valores de entre 29.5 y 47.8 %, donde los mayores valores se obtuvieron cuando se utilizó composta, peat moss y agrolita (2:1:1) como sustrato y además se observa que la interacción Solarización x Composta+Peat moss+Agrolita (2:1:1) a pesar de tener el menor peso seco de planta, es la que mayor porcentaje de materia seca de fruto acumula en comparación con las demás interacciones. La hoja es el segundo órgano que más materia seca acumuló con valores de entre 25.0 y 32.8 %, en el cual, el mayor porcentaje fue encontrado cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) fue inoculado con *Bacillus subtilis*. La tallo fue el tercer órgano que más acumuló materia seca con valores de entre 14.0 y 18.6 %, encontrándose los mayores porcentajes en los dos sustratos cuando estos no fueron desinfectados (testigo). En lo que respecta a raíz, este órgano fue el que menor proporción de materia seca acumuló con valores de entre 8.4 y 21.1 % (Figura 9)

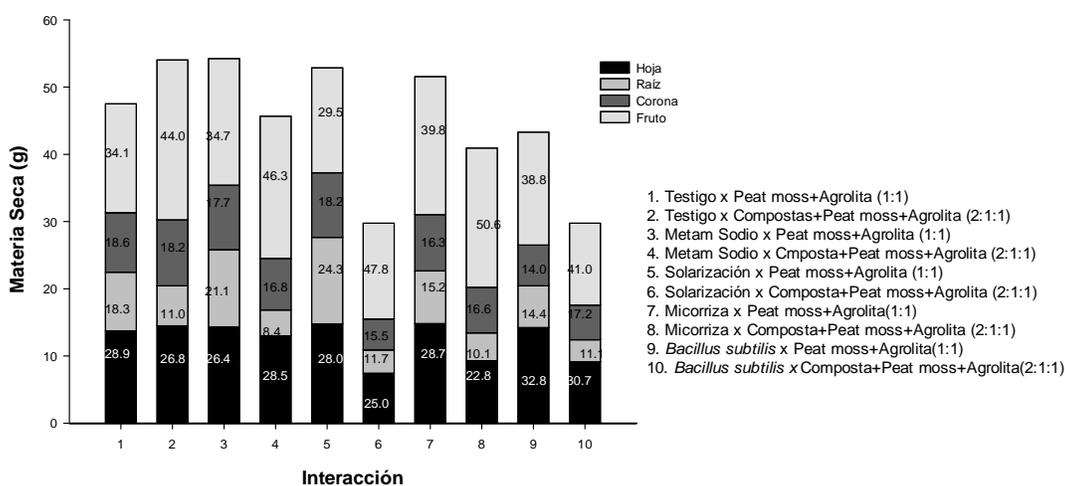


Figura 9. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) (n=3).

El efecto de la interacción variedad x sustrato si fue estadísticamente significativo a los 251 DDT ($P=0.0004$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo el mayor peso seco de planta (52.58 g) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), sin embargo, el menor peso seco de planta (33.0 g) fue cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que a los 119, 173, 301 y 351 DDT no hubo significancia estadística ($P>0.2073$;

P>0.4624; P>0.1081; P>0.1392, respectivamente) (Figura 10). Se observa a los 251 DDT, que el fruto es el órgano que más materia seca acumuló en todas las interacciones de los niveles de los factores variedad y sustrato, con valores de entre 30.1 y 49.0 %, encontrándose en los tres cultivares los mayores porcentajes de materia seca en este órgano cuando fueron plantados el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). El segundo órgano que más biomasa seca acumuló fue la hoja con valores de entre 32.6 y 46.1 %, donde el cultivar Jacona tuvo el mayor porcentaje de materia seca en este órgano cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). En lo que respecta a la tallo, la acumulación de materia seca fue similar en todas las interacciones de los niveles de los factores variedad y sustrato (9.9 y 12.2 %). En raíz se encontró valores de entre 6.8 y 21.0 %, donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) incrementa significativamente el peso seco de este órgano en los tres cultivares respecto del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 10).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas a los 251 y 351 DDT (P>0.0806; P>0.0585, respectivamente), sin embargo, a los 119, 173 y 301 DDT si hubo significancia estadística (Pr0.0349; Pr0.0212; Pr0.0039, respectivamente). En la primera evaluación (119 DDT) el órgano que más acumula materia seca es la hoja con valores de entre 57.2 y 66.4 %, donde las micorrizas tuvieron un PSH mayor en comparación con *Bacillus subtilis*. Raíz fue el segundo órgano que más materia seca acumuló con valores de entre 19.2 y 26.4 %, encontrándose que el uso del método químico (metam sodio) tuvo un peso seco en este órgano mayor respecto de las micorrizas. En tallo se observa que es el órgano que menos materia seca acumuló en todos los métodos de desinfección obteniéndose valores de entre 14.4 y 20.2 % (Figura 11a) donde el uso *Bacillus subtilis* disminuyó el peso seco de tallo comparado con el testigo y las micorrizas.

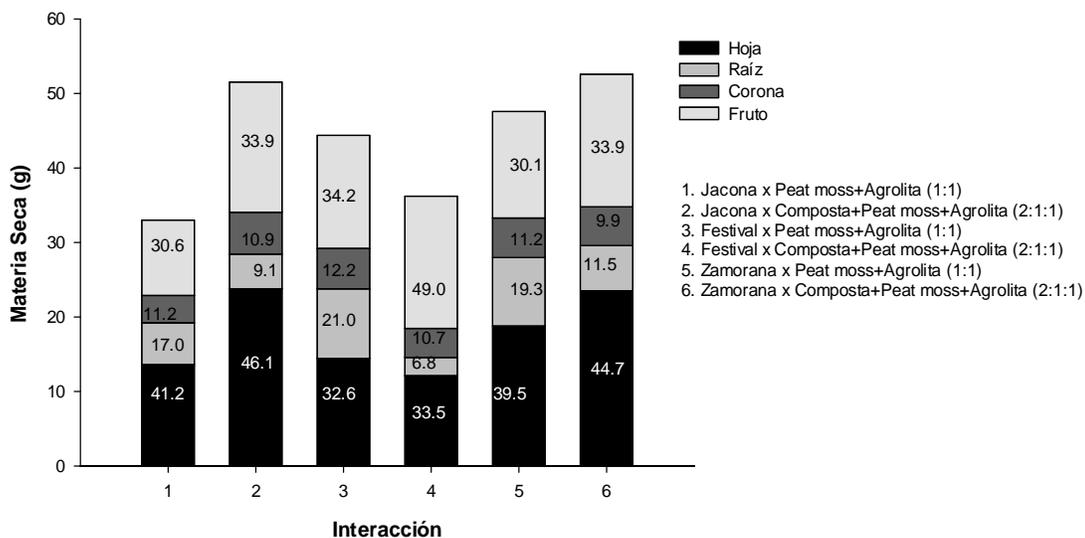


Figura 10. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) (n=3).

A los 173 DDT, el testigo (no desinfección) tuvo un PSP estadísticamente superior en comparación con las micorrizas (Figura 11b). En esta fecha también se encontró que la hoja es el órgano que más materia seca acumuló con valores de entre 59.0 y 74.8 %, donde, la micorriza tuvo un mayor porcentaje de materia seca en hoja donde las micorrizas tuvieron un porcentaje de materia seca en hoja mayor en comparación con el testigo. En lo que respecta a la acumulación de materia seca en raíz, se encontraron valores de entre 15.4 y 29.6 %, en el cual, el testigo (no desinfección) mejoró la acumulación de materia seca en este órgano comparado con las micorrizas. La tallo fue el órgano que menos materia seca acumuló en todos los métodos de desinfección con valores de entre 9.8 y 12.5 %, en el cual, el uso de método químico (metam sodio) tuvo mejoró el porcentaje de peso seco en este órgano respecto de las micorrizas (Figura 11b).

En la cuarta evaluación (301 DDT) el método químico (metam sodio) y el testigo (no desinfección) tuvieron un PSP estadísticamente mayor comparado con *Bacillus subtilis* (Figura 11c). En la Figura 11c se observa que el fruto es el órgano que más materia seca acumula con valores de entre 36.1 y 44.6 %, encontrando que las micorrizas influyen en el la acumulación de peso seco en fruto en comparación con el método físico (solarización). La materia seca en hoja tuvo valores de entre 26.1 y 31.6 %,

encontrándose que mediante la inoculación con *Bacillus subtilis* se incrementa el porcentaje de peso seco en este órgano respecto de las micorrizas. En lo que respecta a la partición de materia seca en tallo, este fue el tercer órgano que más acumuló materia seca con valores similares de entre 16.1 y 18.2 %, donde, el mayor porcentaje fue encontrado en el testigo (no desinfección) comparado con *Bacillus subtilis*. La raíz fue el órgano que menos porcentaje de materia seca acumuló en todos los niveles del factor método de desinfección en comparación a los 119 y 173 DDT, donde se encontraron valores de entre 13.0 y 19.8 %, en el cual, el método físico (solarización) tuvo un porcentaje de peso seco superior en comparación con las micorrizas y *Bacillus subtilis*. Esta disminución en raíz se pudo haber debido a que la materia seca disponible en raíz se translocó hacia el tallo y frutos (Figura 11c). A los 173 DDT, el porcentaje de peso seco de hoja fue mayor respecto a los 119 DDT, sin embargo, a los 173 DDT se empieza a ver una disminución del porcentaje de peso seco del tallo comparado a los 119 DDT. El porcentaje de raíz se incrementó únicamente en el testigo, método físico (solarización) y *Bacillus subtilis*, mientras que el método químico y micorrizas registraron una disminución en el porcentaje de peso seco. A los 173 DDT, el peso seco total de la planta (PSTP) se incrementó al doble comparado a los 119 DDT (Figura 11a y b) y esto debió principalmente a que el peso seco en hoja y tallo se incrementaron aproximadamente dos veces más (Cuadro 2 y Cuadro 4) mientras que en raíz el peso seco se incrementó aproximadamente tres veces más (Cuadro 3) en comparación a los 119 DDT. Por otro parte, se observa que a los 301 DDT el PSTP se incrementó aproximadamente dos veces más con respecto a los 173 DDT y tres veces más comparado a los 119 DDT. Además a los 301 DDT hubo una disminución en el porcentaje de peso seco de hoja y raíz, mientras que hay un aumento en el porcentaje de peso seco de tallo en comparación a los 173 y 119 DDT. La disminución del peso seco de hoja y raíz se debió a la translocación de fotoasimilados almacenados en estos órganos hacia las inflorescencias y fruto principalmente, ya que es un órgano con una fuerte demanda durante su desarrollo y maduración donde el crecimiento vegetativo se reduce en más del 50 % de la materia seca (Larson y Shawn, 1996; Nishizawa y Shishido, 1998; Darnell, 2003; Hidaka *et al.*, 2013; May *et al.*, 1994).

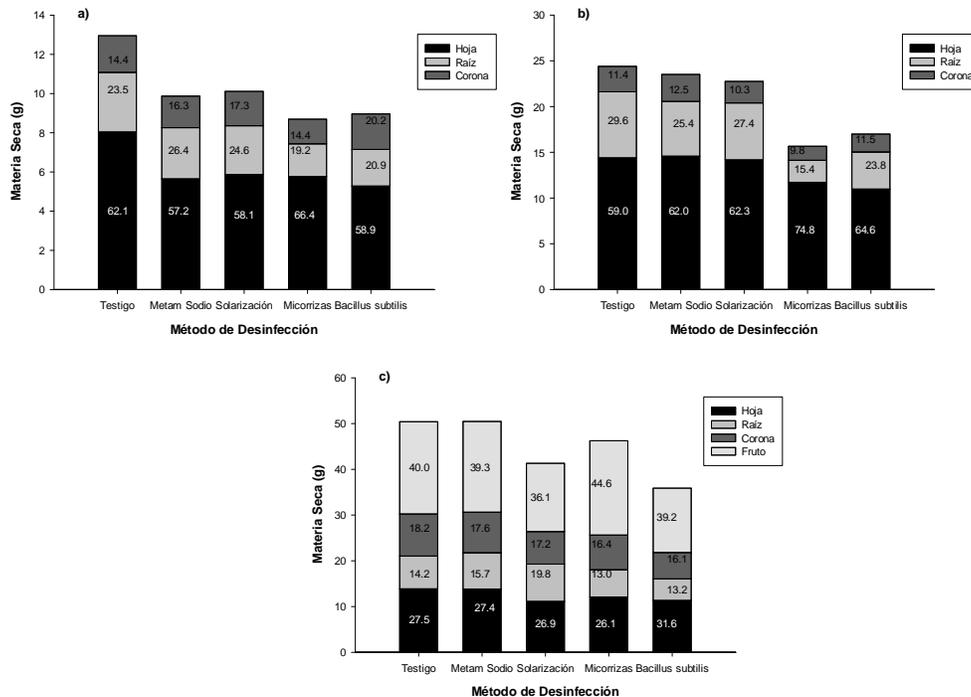


Figura 11. Efecto del factor método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013), b) 173 DDT (10 de Agosto de 2013) y c) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) (n=3). Letras distintas entre métodos de desinfección denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey (Pn0.05).

Los niveles del factor sustrato no fueron estadísticamente diferentes a los 119 (P>0.4829) y 251 DDT (P>0.0525), mientras que a los 173, 301 y 351 DDT si hubo diferencias significativas (Pn0.0223; Pn0.0002; Pn0.0061, respectivamente), donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) incrementó significativamente el peso seco de la planta siendo estadísticamente diferente respecto del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 12).

En la primera evaluación (173 DDT) (Figura 12a), se observa que la hoja es el órgano con mayor acumulación de materia seca con valores de entre 55.9 y 72.0 %, donde, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo el mayor porcentaje de peso seco en este órgano en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). La raíz fue el segundo órgano que más porcentaje de materia seca acumuló con valores de entre 17.5 y 32.4 % encontrándose que el

sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementó el porcentaje de peso seco en este órgano aproximadamente en un 50 % más respecto del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). En lo que respecta a tallo, este fue el órgano que menos acumuló materia seca encontrándose valores similares entre los dos sustratos (10.5 y 11.6 %).

A los 301 DDT (Figura 12b) se observa que el órgano que más materia seca acumula es el fruto, con valores de entre 35.1 y 45.8 %, en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo un porcentaje de materia seca en este órgano superior con respecto del sustrato elaborado a base peat moss y agrolita (1:1). La hoja fue el segundo órgano con mayor porcentaje encontrando valores similares en los niveles del factor sustrato (26.7 y 28.5 %). En lo que respecta a raíz se encontraron valores de entre 10.4 y 19.2 %, en el cual, el sustrato elaborado a base peat moss y agrolita (1:1) tuvo un porcentaje de peso seco mayor en comparación con el sustrato elaborado a base composta, peat moss y agrolita (2:1:1). En tallo se encontraron valores similares en materia seca (17.1 y 17.2 5 %) entre los dos sustratos.

En la quinta evaluación (351 DDT) (Figura 12c), el mayor porcentaje de peso seco en los niveles del factor Sustrato correspondió al fruto, con valores de entre 47.0 y 57.1 %, encontrándose el mayor porcentaje de peso seco cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita. Para la partición de materia seca en hoja entre los niveles del factor Sustrato varió de 21.0 y 25.4 %, donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita tuvo más porcentaje de peso seco en hoja. En raíz se observa que entre los niveles del factor Sustrato fue el órgano que menos acumuló materia seca con valores de entre 8.4 y 13.4 %, encontrándose además que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) incrementa el peso seco de este órgano. En el caso de tallo se observa que entre los niveles del factor sustrato acumularon similar porcentaje de materia seca en este órgano (13.5 y 14.2 %).

A los 301 y 351 DDT se puede observar que el porcentaje de peso seco de hoja y raíz disminuyó en comparación a los 173 DDT, mientras que el tallo incrementó el porcentaje a los 301 DDT y se vio disminuido el porcentaje a los 351 DDT. También se encontró que el PSTP fue dos veces mayor a los 301 y 351 en comparación a los 173 DDT y esto se debió al desarrollo de inflorescencias y frutos. Por otra parte se observó que el porcentaje de peso seco de fruto fue mayor cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) en comparación al sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) a los 301 y 351 DDT pudiendo inferir que el sustrato

elaborado a base de composta mejoró la translocación de fotoasimilados hacia el fruto ya que se ha reportado que el peso seco de fruto de fresa es mayor cuando se utiliza composta (Alvarado *et al.*, 2014), vermicomposta (Arancon *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2008) u cuando se las plantas se cultivan bajo sistemas orgánicos (Abu-Zahra *et al.*, 2007; Cayuela *et al.*, 1997; Manleitner *et al.*, 2002; Hakala *et al.*, 2002).

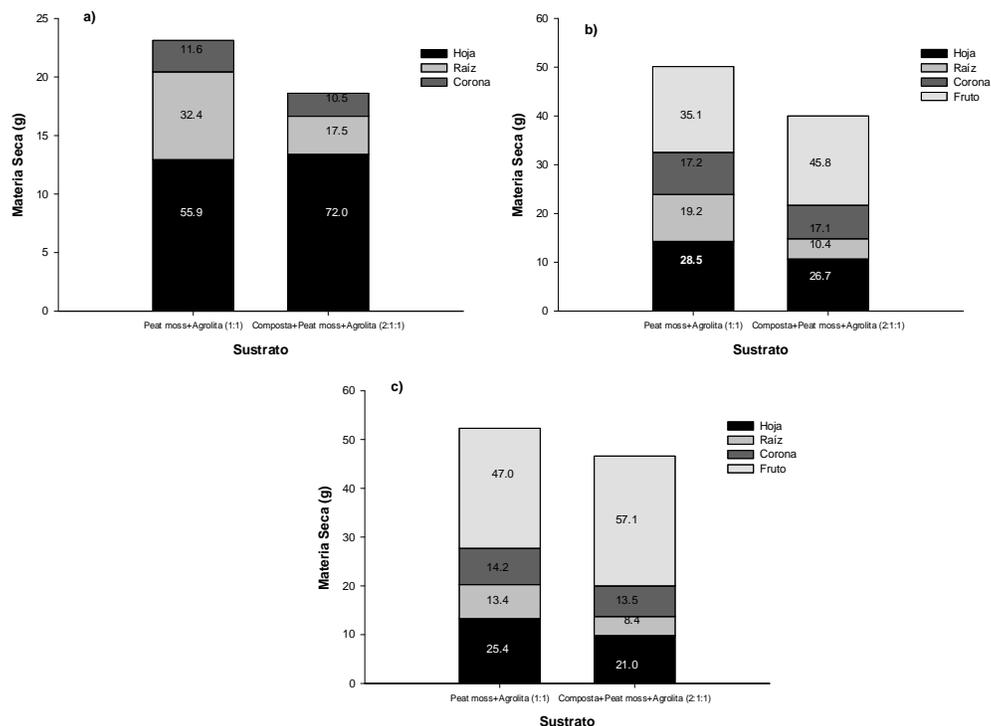


Figura 12. Efecto del factor sustrato en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (10 de Agosto de 2013), b) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) y 351 DDT (13 de Febrero de 2014) (n=3). Letras distintas entre sustratos denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Los niveles del factor variedad no fueron estadísticamente diferentes a los 119 ($P>0.4631$) y 173 DDT ($P>0.5372$), mientras que a los 251, 301 y 351 DDT ($P<0.0358$; $P<0.0316$; $P<0.0108$, respectivamente) si hubo diferencias significativas. En las tres fechas donde hubo significancia, el cultivar Zamorana fue el que más materia seca en planta acumuló seguido por los cultivares Jacona y Festival respectivamente (Figura 13).

En la tercera evaluación (251 DDT) (Figura 13a), la mayor acumulación de materia seca en los niveles del factor variedad correspondieron a hoja, con valores de entre 33.0 y 42.2 %, encontrándose el mayor porcentaje en este órgano en el cultivar Zamorana. Para la partición de materia seca en fruto el porcentaje vario de 32.1 y 40.9 %, donde, el cultivar Festival acumuló el mayor porcentaje de peso seco de fruto. En tallo se observa que entre los niveles del factor Variedad fue el órgano que menos materia seca acumuló con valores de entre 9.9 y 11.5 %, encontrándose además que el cultivar Festival acumuló el mayor porcentaje de peso seco en este órgano. En el caso de raíz se encontraron valores de entre 11.0 y 15.2 % siendo el cultivar Jacona el que menos porcentaje de peso seco acumuló.

A los 301 DDT (Figura 13b) se observa que el órgano con un mayor porcentaje de materia seca es el fruto, con valores de entre 37.3 y 43.0 %, en el cual, el cultivar Jacona acumuló el mayor porcentaje de peso seco en fruto. La hoja fue el segundo órgano que más materia seca acumuló donde se encontraron valores similares entre los niveles del factor Variedad (26.3 y 29.1 %). En lo que respecta a raíz se encontró que fue el órgano que menos materia seca acumuló con valores de entre 13.3 y 17.4 %, en el cual, el cultivar Zamorana tuvo el mayor peso seco en este órgano. En tallo se encontraron valores de entre 14.6 y 19.3 %, donde, el cultivar Jacona fue quien más porcentaje de peso seco tuvo en este órgano.

En la quinta evaluación (351 DDT) (Figura 13c) nuevamente se observa que el fruto es el órgano que más materia seca, con valores de entre 49.7 y 51.7 %, donde, el cultivar Zamorana fue el que mayor porcentaje de peso seco acumuló. La hoja fue el segundo órgano que más materia seca acumuló donde se encontraron valores similares entre los niveles del factor Variedad (22.8 y 26.0 %). En lo que respecta a raíz nuevamente se encontró que fue el órgano que menos porcentaje de peso seco acumuló encontrando valores de entre 9.7 y 12.6 %, donde, el cultivar Jacona fue quien acumulará más peso seco. En tallo se encontraron valores similares en los cultivares Jacona y Zamorana de 12.8 y 12.5 % respectivamente, mientras que el cultivar Festival fue quien acumuló el mayor porcentaje con 16.0 %.

En las tres variedades se observa (Figura 13) que a partir de los 251 DDT el porcentaje de peso seco en hoja y raíz se ve disminuido hasta los 351 DDT debido a que el peso seco de estos dos órganos disminuye (Cuadro 2 y Cuadro 3), mientras que en el tallo el porcentaje de peso seco se ve incrementado hasta los 301 DDT ya que a los 351 DDT se observa una disminución observándose en el Cuadro 4 que el peso seco de tallo fue mayor a los 301 DDT. En los tres muestreos significativos, el porcentaje de peso de fruto

en las tres variedades se incrementa conforme el tiempo avanza debiéndose al que el peso seco de fruto incrementa (Cuadro 5) representado el fruto más del 50% del peso seco de la planta a los 351 DDT en los tres cultivares de fresa (May *et al.*, 1994; Darnell *et al.*, 2003).

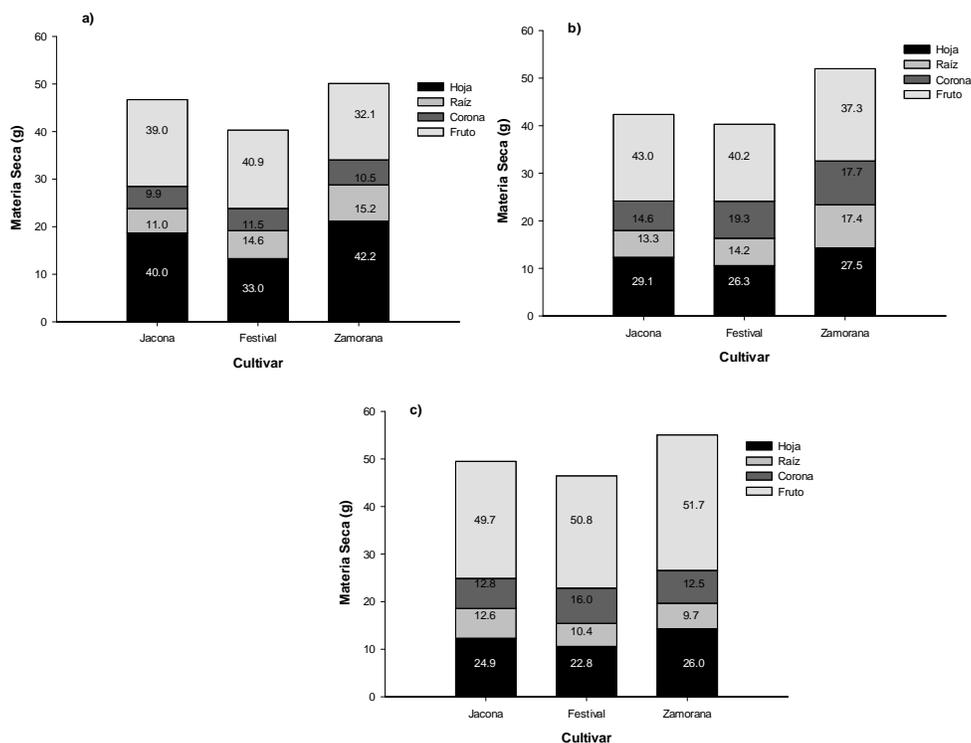


Figura 13. Efecto del factor variedad en la acumulación y distribución de materia seca de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013), b) 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) y 351 DDT (13 de Febrero de 2014) (n=3). Letras distintas entre variedades denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.3. Acumulación y Distribución de Biomasa Total

El efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa ($P>0.7870$). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción de los factores variedad x método de desinfección ($p>0.1375$). Sin embargo, la interacción variedad x sustrato fue altamente significativo ($P=0.0001$), donde, el peso seco total de la planta (PSTP) fue mayor cuando el cultivar Festival (57.83 g) se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el PSTP fue menor (40.08 g) en el mismo cultivar cuando se

plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (Figura 14). También se observa que la mayor acumulación de biomasa correspondió al fruto en todas las interacción de los niveles de variedad y sustrato, con valores entre 56 y 63.6 %, donde los mayores valores fueron encontrados en la interacción Zamorana x Composta+Peat moss+Agrolita (2:1:1). En hoja, el peso seco en las diferentes interacciones vario entre 17.2 y 22.0 %, donde se observa que la interacción Zamorana x Composta+Peat moss+Agrolita (2:1:1) fue la que menos porcentaje de materia seca acumuló en este órgano, sin embargo, fue la que más porcentaje de peso seco acumuló en fruto. En raíz, se observa que los valores oscilaron entre 5.5 y 11.3%, donde los tres cultivares plantados en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvieron los mayores porcentajes de pesos secos de raíz en comparación cuando los tres cultivaros fueron plantados en el sustrato elaborado a base de Composta+Peat moss+Agrolita (2:1:1), siendo el cultivar Zamorana el cultivar que más acumuló peso seco en raíz cuando se plantó en el sustrato elaborado base de peat moss y agrolita (1:1). En el caso de tallo, los valores encontrados estuvieron entre 8.5 y 14.4%, en el cual, el cultivar Festival tuvo el mayor peso seco de tallo cuando esta se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 14).

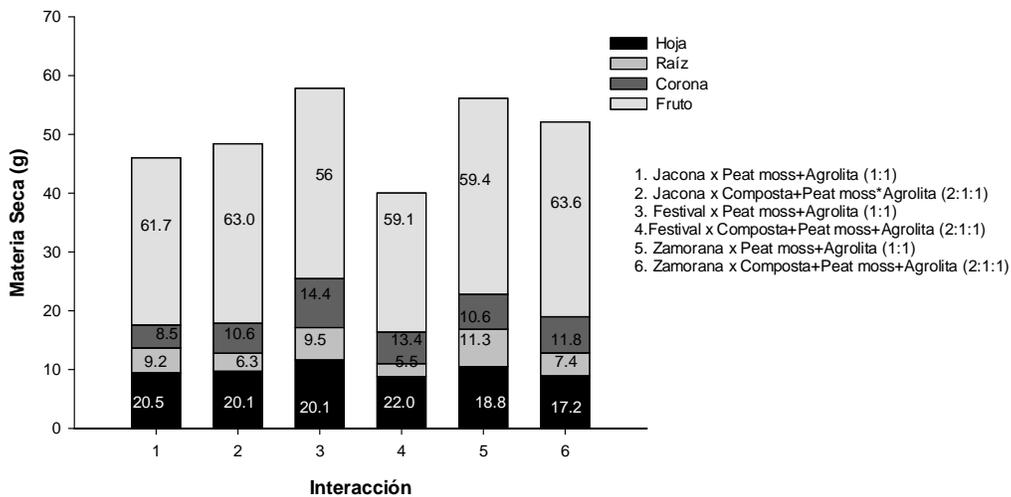


Figura 14. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5).

Por otra parte, si fue significativo el efecto de la interacción método de desinfección x sustrato (Pm0.0021), donde el PSTP fue mayor (60.35 g) cuando el sustrato elaborado

a base de peat moss y agrolita (1:1) fue inoculado con micorrizas, mientras que, el PSTP fue menor (36.27 g) cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue inoculado con *Bacillus subtilis* (Figura 15). También se encontró que el mayor órgano que acumuló peso seco es el fruto en todas las interacciones de los niveles de método de desinfección y sustrato con valores de entre 57.2 y 63.0%, donde los mayores valores fueron encontrados cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). La materia seca en hoja tuvo valores de entre 18.3 y 20.9 % encontrándose menor acumulación en este órgano cuando ambos sustratos no fueron desinfectados (testigo). En el caso de la raíz fue el órgano que menos materia seca acumuló teniendo valores de entre 5.8 y 10.6%, observándose valores similares cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). En lo que respecta a la tallo, los valores encontrados fueron de entre 10.1 y 12.6 %, donde el uso de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró el peso seco de este órgano (Figura 15).

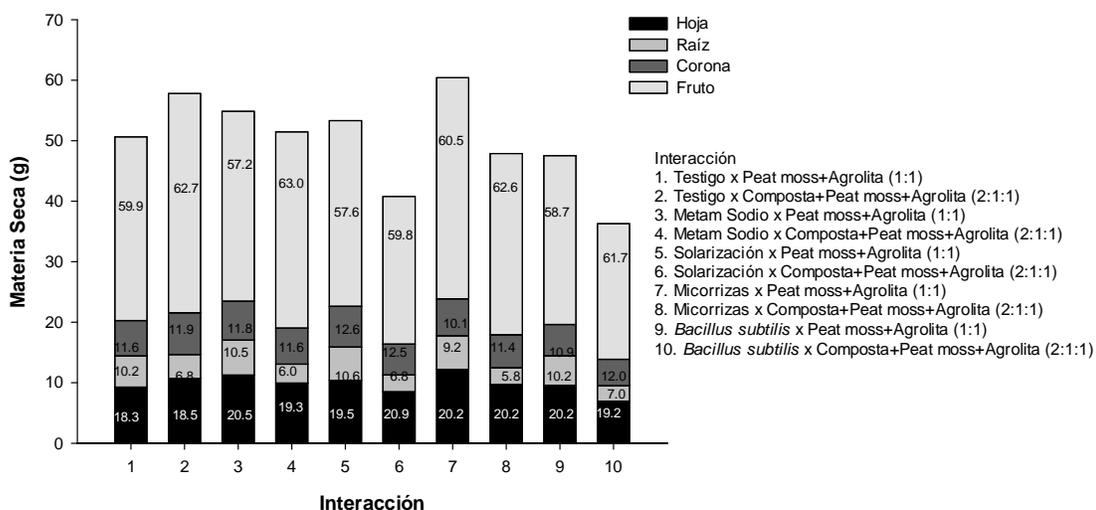


Figura 15. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5).

Los niveles del factor método de desinfección si tuvieron un efecto altamente significativo en el PSTP ($P=0.0001$), en el cual, el testigo (no desinfección), micorrizas

y el método químico (metam sodio) tuvieron un PSTP estadísticamente mayor en comparación con *Bacillus subtilis* (Figura 16). En la Figura 16 se observa que en los niveles del factor método de desinfección, el fruto es el órgano que más materia seca acumula teniendo valores de entre 58.5 y 61.4%, encontrándose los mayores porcentajes en el testigo (no desinfección) y micorrizas en comparación con *Bacillus subtilis*. En la acumulación de materia seca en hoja, esta tuvo valores de entre 18.3 y 20.2% encontrándose que mediante el uso de micorrizas se incrementa el porcentaje de peso seco en hoja. En el caso del peso seco en raíz, se encontró que en los niveles del factor método de desinfección, raíz fue el órgano que menos porcentaje de peso seco acumuló (7.7 y 8.8 %). En lo que se refiere a tallo, este órgano tuvo valores de entre 10.7 y 12.6 % observándose que el uso del método físico (solarización) incrementa el peso seco de este órgano (Figura 16). Nuestros resultados son similares a los reportados por Gryndler *et al.* (2002), Li *et al.* (2010), Matsubara *et al.* (2009), Fan *et al.* (2008) y Castellanos-Morales *et al.* (2012) quienes han demostrado que la inoculación de micorrizas en fresa tiene un buen efecto en el peso seco de la planta ya que lo incrementa hasta un 35 % más en comparación cuando se inocula y esto se debe a que las micorrizas promueven un buen crecimiento de la planta (Sanders y Croll, 2010) así como también se mejora la absorción nutrimental principalmente de P (Gryndler *et al.*, 2002; Nowak, 2004; Sharma y Adholeya, 2004) y la tolerancia al estrés del medio ambiente como el estrés del agua y salinidad del suelo (Wiseman y Wells, 2005; Smith y Read, 1997; Pozo *et al.*, 2002). Además las micorrizas pueden mejorar el consumo de N (Nowak, 2004; Cavagnaro *et al.*, 2006) e incrementar la capacidad fotosintética (Borkowska, 2002; Fan *et al.*, 2008).

Por otra parte, en nuestro estudio también se encontró que el método químico tuvo un buen efecto sobre la acumulación de materia seca lo cual es similar a lo reportado por Larson y Shaw (1996), Leonor *et al.* (2007) y Conti *et al.* (2014) quienes encontraron que al aplicar un método químico al suelo mejora el contenido de materia seca en fresa en comparación con el testigo (no desinfección). Sin embargo, en nuestro estudio no hubo diferencias entre el método químico y el testigo pudiéndose haber debido a las diferentes condiciones en cada experimento ya que Larson y Shaw (1996), Leonor *et al.* (2007) y Conti *et al.* (2014) aplicaron el método químico al suelo, mientras que en el presente estudio las aplicaciones se realizaron a dos tipos de sustratos.

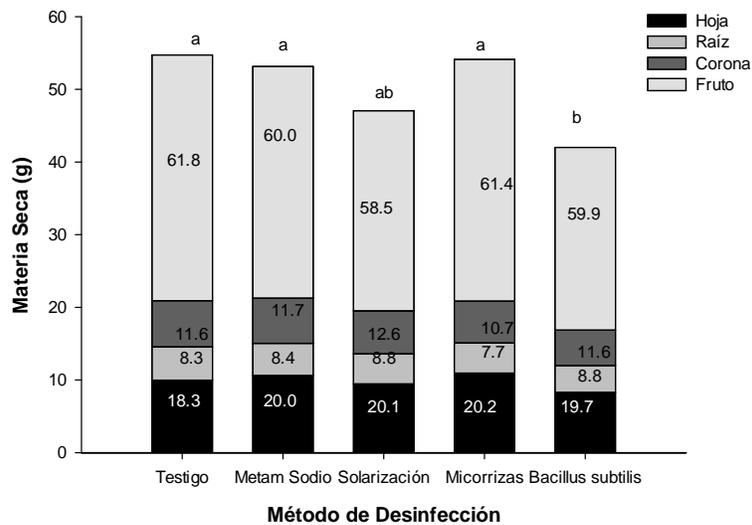


Figura 16. Efecto del factor método de desinfección en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5). Letras distintas entre métodos de desinfección denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Por otra parte, los niveles del factor sustrato fueron estadísticamente diferentes ($P=0.0004$), donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente el PSTP en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 17). Lo anterior es similar a lo reportado por Ercisli *et al.* (2005) y Inden y Torres (2004) quienes mencionan que al adicionar peat moss y agrolita al sustrato el peso seco de raíz o de la planta se incrementa. Sin embargo, otros experimentos han mostrado que la utilización de composta incrementa la materia seca total en fresa (Alvarado *et al.*, 2014; Wang y Lin, 2002; Hammad *et al.*, 2014). Por su parte, Preusch *et al.* (2004) y Abu-Zahra y Tahboub (2008) encontraron que la adición de composta en fresa no tiene un buen efecto en peso total de la planta de fresa. También se ha reportado que la utilización de vermicomposta en fresa incrementa el peso seco total de la planta la cual tiene una mejor disponibilidad de reguladores de crecimiento y ácidos húmicos (Arancon *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010).

Esta diferencia entre sustratos también se pudo haber debido a que la adición de la agrolita tiene una ligera capacidad de intercambio catiónico y además tiene más absorción de agua, estos dos factores son efectivos en mantener la solución nutritiva

dentro del sustrato y una buena distribución de humedad en la raíz la cual finalmente permite un mejor crecimiento de la planta (Nourizadeh, 2003).

En la Figura 17 se muestra que entre los niveles del factor sustrato el fruto es el órgano que más materia seca acumula, encontrándose porcentajes de entre 58.7 y 62.1%, donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo un mayor porcentaje de peso seco de fruto en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). En lo que se refiere a hoja, se observa que ambos sustratos acumularon similar porcentaje de biomasa en este órgano (19.8 y 19.6%) así como también en tallo (11.5 y 11.8 %). En el peso seco de raíz se observa que en ambos sustratos fue el órgano con menos peso seco, teniendo valores de entre 6.5 y 10.0 % siendo el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) quien incrementa el peso seco en raíz comparado con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Sin embargo, a pesar de que en nuestro estudio el PSTP fue mayor en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), el porcentaje de PSF fue mayor en el sustrato elaborado a base de compostas, peat moss y agrolita (2:1:1) ya que se ha visto que frutos de fresa producidos en composta (Alvarado *et al.*, 2014) o bajo sistemas orgánicos que incluyen la adición de composta, el porcentaje de PSF se incrementa (Abu-Zahra *et al.*, 2007; Cayuela *et al.*, 1997; Manleitner *et al.*, 2002; Hakala *et al.*, 2002; Kristl *et al.*, 2013; Leskin *et al.*, 2002).

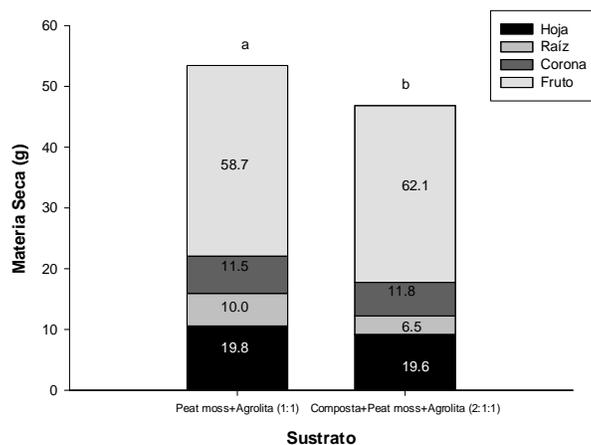


Figura 17. Efecto del factor sustrato en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5). Letras distintas entre sustratos denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Hubo diferencias significativas en los niveles del factor variedad ($P=0.0203$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo un PSTP estadísticamente mayor comparado con el cultivar Jacona (Figura 18). El fruto en los tres cultivares fue el órgano que más biomasa seca acumuló teniendo valores de entre 57.2 y 62.3 %, donde los mayores porcentajes corresponden a los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana). La hoja es el segundo órgano que más materia seca acumula donde se encontraron valores de entre 18.0 y 20.4%, donde el cultivar Jacona y Festival tuvieron porcentajes similares. También se encontró que la raíz fue el órgano que menos peso seco acumuló en los tres cultivares teniendo valores de entre 7.7 y 9.4%. En lo que se refiere a tallo, tuvo valores de entre 9.7 y 14.0 % siendo el cultivar Festival quien acumuló el mayor porcentaje de biomasa en este órgano (Figura 18).

De acuerdo a los resultados el cultivar Zamorana tuvo el mayor PSTP debido a que demostró tener una alta asimilación de CO_2 en las cinco fechas de evaluación (Cuadro 9) ya que la materia seca es el resultado final de procesos metabólicos y de transporte que gobierna el flujo de asimilados a partir de los órganos fuente a través de una ruta de transporte hacia órganos de demanda (Mercelis, 1996).

Estos resultados son diferentes entre variedades debido a que la acumulación de materia seca va a depender de la especie y/o cultivar de fresa así como también la temperatura como lo reportado por Harbut *et al.* (2010) donde encontraron que a temperaturas altas (30/25°), la acumulación de materia seca ve afectada en todos los cultivares y especies de fresa estudiados, sin embargo, *F. nubicola* y el SO 8245 incrementaron su peso seco en un 15 y 33.5 % respectivamente en respuesta a altas temperaturas teniendo así que algunas son más tolerantes que otras. Kadir *et al.* (2006) reportaron que la acumulación de materia seca en fruto se vio afectada a regímenes de 30/25°C.

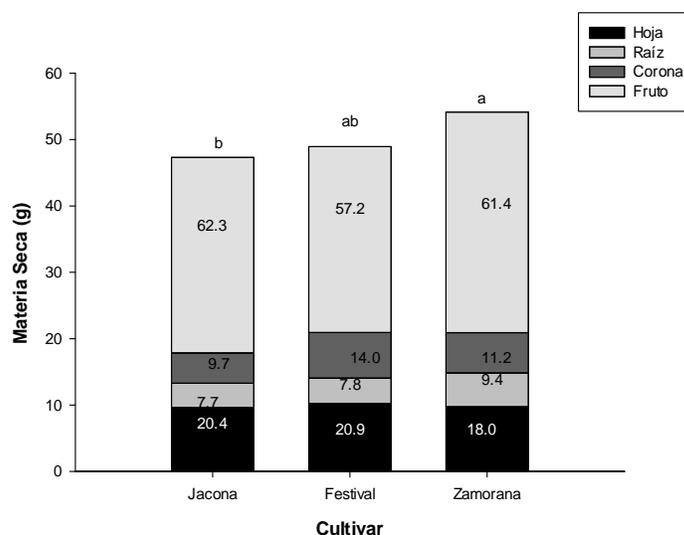


Figura 18. Efecto del factor variedad en la acumulación y distribución de materia seca total de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México (n=5). Letras distintas entre variedades denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Por su parte, Tagliavini *et al.* (2005) mostraron en la partición de materia seca que el fruto es el órgano que más acumula con valores de entre 65 y 75 % en los cultivares Idea y Marmola respectivamente, donde la hoja fue el segundo órgano que más acumuló con 18 y 24 %, mientras que la tallo acumuló 4 % y la raíz fue el órgano que menos acumuló con 3 y 4%, lo cual coincide con nuestros resultados ya que se encontró que fruto es el órgano que más biomasa seca acumula, seguida de la hoja, tallo y raíz respectivamente. Sin embargo, Sun *et al.* (2012) mencionan que otro de los factores que afectan el peso seco de fruto es el número de aquenios y la materia seca acumulada por aquenio ya que estos están involucrados en la regulación del desarrollo del fruto (Quesada *et al.*, 2009).

Otro de los factores que pudo haber influido en la acumulación de materia seca en nuestro experimento fue la luz, como lo demostró Hidaka *et al.* (2013) donde mostraron que la materia seca en la planta de fresa se incrementa hasta en un 50 % cuando se utilizó una fuente de luz (LED) donde la intensidad de luz es mayor en comparación con lámpara fluorescentes y el control (no luz), siendo el fruto el órgano que más acumula peso seco. Por lo que en nuestro estudio se puede decir que las plantas tuvieron suficiente luz para que la acumulación de materia seca no se viera afectada concluyendo que a mayor intensidad luminosa mayor es la acumulación de biomasa en planta de

fresa. También se ha reportado que el GA₃ incrementa significativamente el peso seco en planta de Fresa del cultivar Merak ya que se menciona que este regulador tiene un efecto en la división celular y elongación (Eshghi *et al.*, 2012)

4.4. Componentes del Rendimiento

4.4.1. Rendimiento Mensual

El efecto de la triple interacción del factor variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística en la variable rendimiento mensual en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo ($P > 0.8099$; $P > 0.5507$; $P > 0.4933$; $P > 0.9427$; $P > 0.1114$, respectivamente); mientras que en el mes de Octubre la interacción fue significativa ($P = 0.0479$), en el cual, el cultivar Festival tuvo el mayor rendimiento por planta (149.52 g) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo), mientras que el cultivar Zamorana plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor rendimiento por planta (26.84 g).

No fue significativo el efecto de los factores variedad x método de desinfección en los seis meses de evaluación ($P > 0.5877$; $P > 0.7255$; $P > 0.5599$; $P > 0.4385$; $P > 0.4833$; $P > 0.2910$, respectivamente). Por otra parte, no hubo significancia estadística en la interacción método de desinfección x sustrato en los meses de Octubre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo ($P > 0.6806$; $P > 0.0759$; $P > 0.3407$; $P > 0.1445$; $P > 0.1229$, respectivamente), sin embargo, la interacción de los niveles método de desinfección y sustrato fue estadísticamente significativa en el mes de Noviembre cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) fue inoculado con micorrizas teniendo el mayor rendimiento (94.91 g); mientras que, el rendimiento fue menor (30.11 g) fue cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) se inoculó con *Bacillus subtilis* (Figura 19). Se encontró además que el rendimiento fue similar en ambos sustratos cuando estos no fueron desinfectados (testigo). Por otra parte, también se muestra que el uso de micorrizas funcionó mejor cuando se inoculó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando se inoculó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 19).

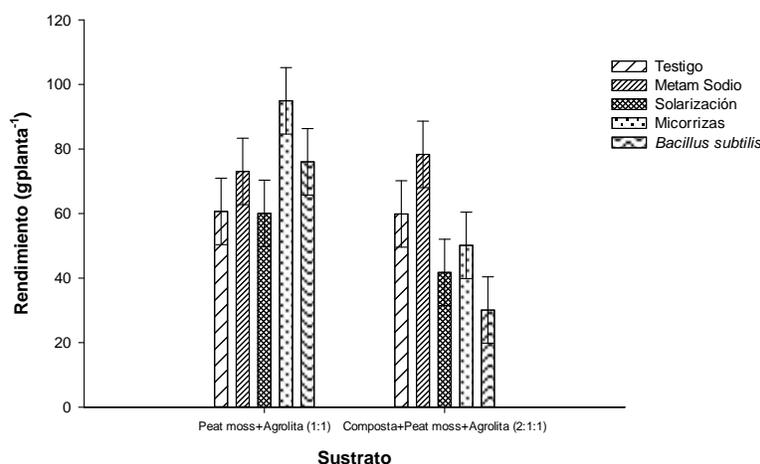


Figura 19. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el rendimiento de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Noviembre 2013. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

El efecto de la interacción de los factores variedad x sustrato en los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero no fue estadísticamente significativo ($P > 0.5172$; $P > 0.0932$; $P > 0.5244$; $P > 0.8047$; $P > 0.0581$, respectivamente), sin embargo, en el mes de Marzo, la interacción de los niveles variedad y sustrato si mostró significancia estadística, donde el mayor rendimiento (158.5 g) fue cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el cultivar Festival tuvo el menor rendimiento (79.71 g) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 20). También se encontró que para en esta fecha, el uso del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa el rendimiento en los cultivares Festival y Zamorana en comparación cuando se plantaron en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Además se muestra que el cultivar Jacona tuvo rendimiento similar cuando fue plantado en ambos sustratos, mientras que el cultivar Zamorana tiene los más altos rendimientos cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 20).

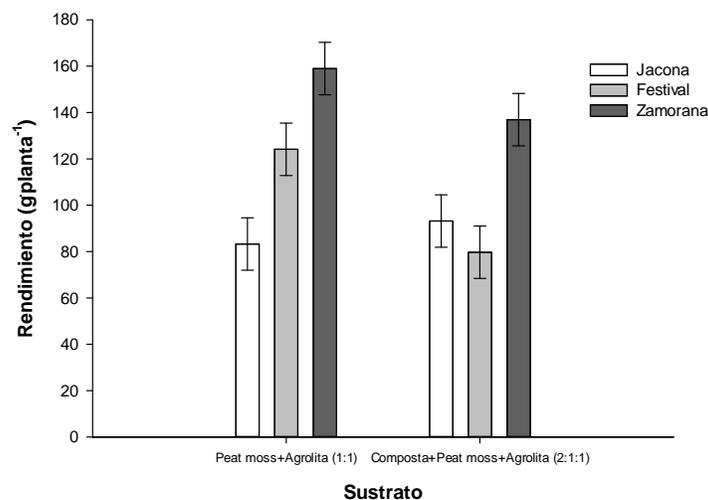


Figura 20. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el rendimiento de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Marzo 2013. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

No hubo diferencias significativas en los niveles del factor método de desinfección sobre el rendimiento en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Marzo ($P > 0.0565$; $P > 0.1380$; $P > 0.1337$; $P > 0.4208$, respectivamente), mientras que en los meses de Octubre y Febrero si hubo significancia estadística ($P < 0.0175$; $P < 0.0089$, respectivamente), donde, en el mes de Octubre el método químico (metam sodio) tuvo un rendimiento estadísticamente mayor respecto de *Bacillus subtilis*. Lo anterior coincide por lo reportado por Larson y Shaw (1996) y Leonor *et al.* (2007) quienes demostraron que el rendimiento se incrementa hasta un 25 % más cuando el suelo se trata por método químico en comparación cuando no es tratado (testigo). En el mes de Febrero el testigo (no desinfección) tuvo un rendimiento estadísticamente mayor en comparación de *Bacillus subtilis* (Cuadro 6).

Por otra parte, los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas en los meses de Diciembre y Enero ($P > 0.6516$; $P > 0.1476$, respectivamente), sin embargo, en los meses de Octubre, Noviembre, Febrero y Marzo si hubo diferencia significativa ($P < 0.0110$; $P < 0.0017$; $P < 0.0436$; $P < 0.0010$, respectivamente), en el cual, en los meses de Noviembre, Febrero y Marzo, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) resultó ser estadísticamente mayor el rendimiento en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que en el mes de

Octubre el rendimiento fue mayor cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 6).

No hubo significancia estadística en los niveles del factor variedad en los meses de Noviembre, Enero y Marzo ($P > 0.3067$; $P > 0.3190$; $P > 0.1851$, respectivamente), sin embargo, en los meses de Octubre, Diciembre y Febrero si hubo significancia estadística ($P = 0.0145$; $P = 0.0002$; $P = 0.0001$, respectivamente) (Cuadro 6). En el mes de Octubre el cultivar Festival tuvo el mayor rendimiento siendo estadísticamente diferente del cultivar Jacona. Sin embargo, en el mes de Diciembre el mejor rendimiento lo obtuvo el cultivar Jacona siendo diferente de los cultivares Festival y Zamorana. En el quinto mes de evaluación (Febrero), el rendimiento fue mayor en el cultivar Zamorana y este a su vez fue diferente de los cultivares Jacona y Festival (Figura 21). En la Figura 21 se observa que en los meses de Octubre y Febrero se encontraron los mayores rendimientos en los tres cultivares, mientras que el menor rendimiento en los cultivares fue en el mes de Marzo. En el mes de Febrero se obtuvieron los más altos rendimientos en los tres cultivares siendo el pico de producción. También se observa que el cultivar Zamorana fue superior con respecto de los cultivares Jacona y Festival en los meses de Noviembre, Enero y Febrero, mientras que Jacona fue superior en los meses de Diciembre y Marzo. En el mes de Marzo se observan los más bajos rendimientos debido a la edad de la planta ya que se ha reportado que plantas con mayor edad inducen a una menor floración comparado con plantas más jóvenes (Verheul *et al.*, 2006).

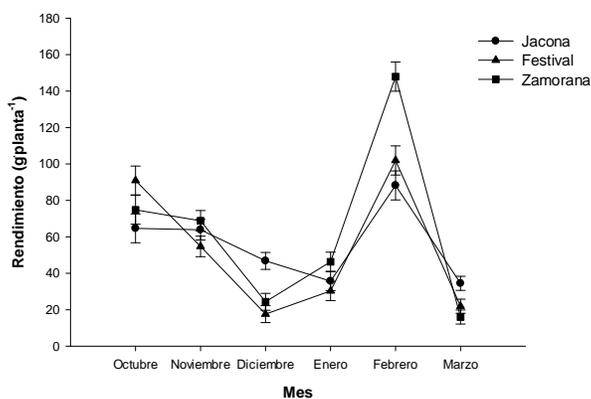


Figura 21. Rendimiento mensual de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Cuadro 6. Rendimiento mensual de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Rendimiento (g/planta)					
Factores	Niveles	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Método de Desinfección (MD)	Testigo	87.32 a ^x	60.26 a	36.42 a	42.81 a	134.84 a	17.49 a
	Metam Sodio	92.32 a	75.69 a	17.05 a	23.19 a	127.23 a	26.45 a
	Solarización	62.21 a	50.90 a	28.27 a	38.30 a	102.96 ab	28.59 a
	Micorriza	89.43 a	72.53 a	36.72 a	47.22 a	112.63 ab	20.27 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	52.76 a	53.06 a	29.27 a	35.63 a	85.79 b	27.79 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	65.02 b	72.93 a	30.79 a	33.01 a	122.11 a	31.67 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	88.60 a	52.04 b	28.36 a	41.86 a	103.27 b	16.57 b
Variedad (V)	Jacona	64.67 b	63.90 a	46.80 a	35.68 a	88.22 b	34.47 a
	Festival	90.93 a	54.75 a	17.58 b	30.28 a	101.92 b	21.92 a
	Zamorana	74.83 ab	68.81 a	24.24 b	46.32 a	147.93 a	15.97 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns	ns	s
MD x S		ns	s	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		s	ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.4.2. Rendimiento acumulado

El efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativo ($P>0.7291$). La interacción del factor Variedad x Método de Desinfección tampoco mostró significancia estadística ($P>0.2101$). Sin embargo, la interacción del factor variedad x sustrato sí tuvo efecto significativo ($P=0.0009$), en el cual, el rendimiento fue mayor (378.62 g) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el rendimiento fue menor (267.0 g) cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 22). En la Figura 22 se observa que el cultivar Zamorana tuvo un rendimiento similar cuando se plantó en ambos sustratos siendo superior respecto de los cultivares Jacona

y Festival. Mientras tanto, el cultivar Jacona incrementó su rendimiento cuanto este se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) en comparación cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). Por otra parte, el cultivar Festival incrementó su rendimiento cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). Esta diferencia de las variedades se pudo haber debido a la adaptación que tuvieron en cada sustrato.

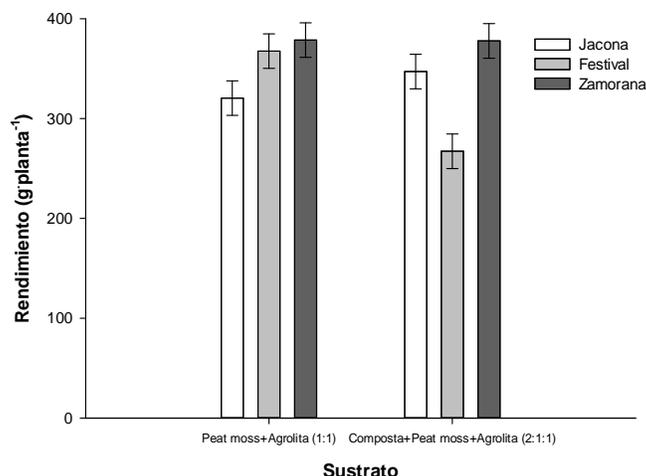


Figura 22. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el rendimiento acumulado de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Por su parte, el efecto de la interacción método de desinfección x sustrato si fue significativo ($P=0.0032$), donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita e inoculado con micorrizas (1:1) tuvo el mayor rendimiento (416.81 g), sin embargo, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método físico (solarización) tuvo el menor rendimiento (275.61 g) (Figura 23). En la Figura 23 se observa que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo un efecto significativo en el rendimiento cuando este no es desinfectado (testigo), sin embargo no fue así cuando no se desinfectó el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). También se muestra que mediante la inoculación de *Bacillus subtilis* en ambos sustratos el rendimiento es menor.

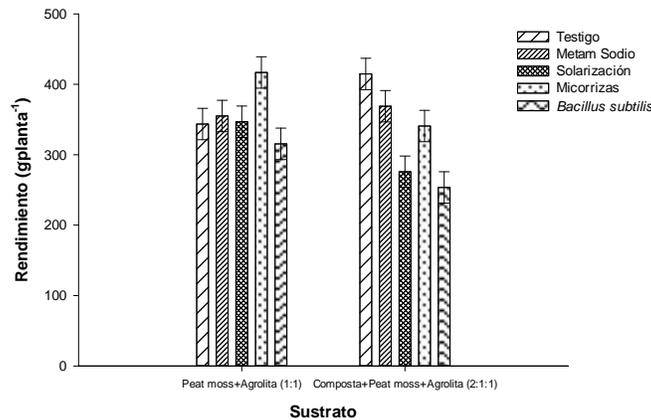


Figura 23. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el rendimiento acumulado de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Los niveles del factor método de desinfección mostraron diferencias altamente significativas en el rendimiento ($P < 0.0001$), en el cual, el uso de micorrizas y el testigo (no desinfección) tuvieron un rendimiento estadísticamente mayor comparado con *Bacillus subtilis* (Cuadro 7). Lo anterior coincide a lo reportado por Bull *et al.* (2005) y Fan *et al.* (2008) quienes no encontraron diferencias significativas entre las micorrizas y el testigo (no inoculación) en fresa, sin embargo, Cekic y Yilmaz (2011) encontraron en fresa que la inoculación de micorrizas en el sustrato incrementa el rendimiento (g/planta) hasta en un 15 % más con respecto del testigo (no inoculación) ya que las micorrizas mejoran el crecimiento y el contenido mineral (Gryndler *et al.*, 2002). Esta diferencia se pudo haber debido al tipo de suelo, condiciones climáticas, así como también el tipo de micorriza utilizada en cada experimento ya que Cekic y Yilmaz (2011) utilizaron *Glomus clarum* y *Glomus caledonium*, mientras que en nuestro experimento se utilizó *Glomus mosseae*. Otro de los factores que pudo haber afectado fue el nivel de colonización de micorrizas, ya que la colonización va depender del cultivar y especie con el que se esté estudiando debido a que pueden existir diferencias por las características morfológicas de las raíces así como también la diferencia de tamaño de los sistemas radicales (Derkowska *et al.*, 2008).

Por otra parte, en nuestro estudio el método físico (solarización) no tuvo un buen efecto en el rendimiento en comparación con el método químico (metam sodio) lo cual coincide a lo reportado por Aranda *et al.* (2002) y Bartual *et al.* (2002) quienes observaron que la

solarización fue menos efectiva en comparación cuando aplicaron método químico sobre el rendimiento de fresa, atribuyendo estas diferencias al suelo y las condiciones climáticas del sitio donde se realizó el experimento. Sin embargo, Albregts *et al.* (1996) y Overman *et al.* (1987) observaron que la solarización tuvo un efecto igualmente positivo con el método químico en el rendimiento en fresa. Por su parte, Larson y Shaw (1996) y Leonor *et al.* (2007) encontraron en fresa que la aplicación de un método químico al suelo mejora significativamente el rendimiento de fruto en comparación cuando no se aplica (testigo) o con *Trichoderma* spp., lo cual es similar a lo encontrado en nuestro estudio y esta respuesta del método químico puede ser debido al resultado de varios factores como la ausencia de competencia de recursos, de una larga y sano sistema radical que es más capaz de explorar la rizósfera (Larson y Shaw, 1996). Palha *et al.* (2009) y Palha *et al.* (2005) han reportado que la aplicación de metam sodio al suelo mejora el rendimiento de fruto de fresa en comparación con suelos no tratado (testigo), sin embargo en nuestro estudio no se observó el mismo efecto ya que el testigo tuvo un mayor rendimiento y esta diferencia puede ser debido a que en nuestro estudio la aplicación del producto se realizó en sustratos mientras que Palha *et al.* (2009) y Palha *et al.* (2005) aplicaron el producto en el suelo.

Por otra parte, Tahmatsidou *et al.* (2006) reportaron en fresa que *Bacillus subtilis* incrementa significativamente el rendimiento (g/planta) lo cual no concuerda a lo realizado en nuestro estudio ya que *Bacillus subtilis* no tuvo un efecto positivo en el rendimiento en comparación con los tres métodos de desinfección estudiados y el testigo.

Mientras tanto, los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas en el rendimiento acumulado ($P > 0.0815$) (Cuadro 7). En nuestro experimento se observa una tendencia de tener un mayor rendimiento cuando se utiliza el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) comparado cuando se utiliza el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Lo anterior es similar a lo reportado por Tehranifar *et al.* (2007) quienes encontraron que al utilizar peat moss (60%) y fibra de coco (40 %) se incrementa el rendimiento, llegando a la conclusión que los sustratos con peat o fibra de coco incrementan el rendimiento en comparación con aquellos sustratos donde no se le adiciona peat moss o fibra de coco. Mientras que Ercisli *et al.* (2005) encontraron que utilizando únicamente peat moss (100%) se obtuvieron los más altos rendimientos en dos variedades de fresa (Camarosa y Fern) en comparación con el suelo de bosque, sin embargo, Ebrahimi *et al.* (2012) reportaron que el rendimiento se incrementó cuando se utilizó agrolita y fibra de coco concluyendo que esta mezcla proporcionó un mejor crecimiento de la raíz y un mejor consumo de agua. Por su parte,

reportes como los de Alvarado *et al.* (2014), Wang y Lin (2002), Hargreaves *et al.* (2009a), Hargreaves *et al.* (2009b), Shehata *et al.* (2011) y Hammad *et al.* (2014) han demostrado que la adición de compostas en el suelo o sustrato incrementa el rendimiento en fresa, sin embargo, Abu-Zahra y Tahboub *et al.* (2008) mencionan que el rendimiento se reduce cuando se aplica composta al suelo comparado con el sistema convencional, concluyendo que la composta tuvo poca disponibilidad de nutrientes y poca movilidad de los mismos. En nuestro estudio no se observó una tendencia de incrementar el rendimiento al adicionar compostas al sustrato y esto se pudo haber debido a las diferentes utilizadas en cada experimento (Alvarado *et al.*, 2014).

Otros reportes han demostrado un incremento en el rendimiento (g/planta) de fresa cuando se aplica vermicomposta de forma foliar o directamente al suelo (Singh *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2008; Arancon *et al.*, 2004; Arancon *et al.*, 2003) atribuyéndoles a un alta actividad microbiana de los suelos cuando se adiciona vermicomposta (Arancon *et al.*, 2003).

La diferencia entre sustratos se pudo haber debido a que el sustrato elaborado a base de composta no tuvo una buena actividad biológica y su contenido de materia orgánica (MO) y disposición de minerales fue menor (Ravi, 2005) en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1).

En los niveles del factor Variedad si hubo diferencias significativas ($P=0.0095$), donde, el rendimiento fue mayor en el cultivar Zamorana siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival (Cuadro 7). En nuestro estudio se observa una tendencia de las variedades mexicanas (Jacona y Zamorana) a tener un mayor rendimiento en comparación con Festival bajo este sistema de producción (uso de sustratos desinfectados), pudiéndose haber debido a que Jacona y Zamorana tuvieron una mejor respuesta a los sustratos y a los métodos de desinfección.

Hidaka *et al.* (2013) mencionan que el rendimiento por planta, peso de fruto y número de frutos de planta se incrementan cuando se aumenta la intensidad lumínica, por lo que de acuerdo a nuestros datos obtenidos los cultivares Jacona y Zamorana mejoraron el rendimiento y número de frutos debido a que pudieron haber interceptado una mayor cantidad de luz con respecto del cultivar Festival, ya que una mayor intensidad lumínica incrementa el rendimiento de 1.8 a 2.4 veces más en comparación con aquellas plantas que no interceptan mucha luz (Roussos *et al.*, 2009). Sun *et al.* (2012) encontraron en fresa que el rendimiento y el número de frutos por planta en fresa se ve mejorado cuando se eleva la concentración de CO₂ (720 ppm), la temperatura es baja y la concentración de nitrógeno es baja, ya que mencionan que la aplicación de N no tiene un efecto

benéfico sobre el rendimiento del fruto debido a que disminuye la translocación de sacarosa del meristemo apical del brote a la transición floral. Por su parte, Sung y Chen (1991) mencionan que la aceleración de la fotosíntesis en la hoja incrementa el amarre de fruto por planta, teniendo como resultado un incremento en el rendimiento en fresa.

Otro de los factores que afecta el rendimiento es la variables temperatura como lo demostrado por Kadir *et al.* (2006), donde encontraron en el cultivar Chandler que el rendimiento se incrementa a regímenes de temperatura de 20/15°C concluyendo que se tiene una buena relación fuente-demanda que a regímenes de temperatura 30/25°C. También mencionan que altas temperaturas (40/35°C) afecta el amarre de fruto. Sin embargo, también demostraron que existe diferencias entre cultivares ya que el cultivar Sweet Charlie fue más tolerante a altas temperaturas concluyendo que este cultivar pudiera haber producido polen más tolerante al calor (30/25°C) (Ledesma y Sugiyama, 2005) mientras que los cultivares Chandler y Sweet Charlie tuvieron los mejores rendimientos y tamaño de fruto a temperaturas de 20/15°C.

4.4.3. Peso de fruto

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativo ($P>0.7793$). Tampoco hubo efecto significativo en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.6944$), variedad x sustrato ($P>0.2647$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.2725$).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas en el peso de fruto ($P>0.3380$) (Cuadro 7). Sin embargo, otros estudios han demostrado que la aplicación de un método químico al suelo, el peso fresco de fruto de fresa se incrementa significativamente comparado con el testigo (Larson y Shawn, 1996; Leonor *et al.*, 2007; Palha *et al.*, 2009), sin embargo, en nuestro experimento no se ve una diferencia clara entre el testigo y metam sodio concluyendo que estos dos tuvieron el mismo efecto sobre el peso de fruto. Por su parte, Palencia *et al.* (2013) reportaron que la inoculación de micorrizas en fresa incrementa el peso fresco de fruto en fresa cuando se inocula el 100 % rizósfera en comparación cuando se inocula únicamente el 50 % de la rizósfera concluyendo los autores que al aumentar el contenido de micorrizas se incrementa el crecimiento de la plantas debido al mejor desarrollo de la raíz y se tiene una mejor absorción de nutrientes y relación agua-planta, por lo que en nuestro estudio las micorrizas utilizadas pudieron haber tenido el mismo efecto ya que en el estudio de Palencia *et al.* (2013) utilizaron *Glomus mosseae* la misma utilizada en nuestro experimento.

Sin embargo, los niveles del factor sustrato si tuvieron un efecto significativo ($P=0.0110$) sobre la variable peso de fruto, en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) resultó ser estadísticamente mayor en el peso de fruto que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 7). Lo anterior coincide a lo reportado por Alvarado *et al.* (2014) quienes encontraron que frutos de fresa del cultivar Jacona plantados en sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita tuvieron un mayor peso de fruto con respecto de sustratos elaborados a base de composta de ovino y vacuno. También Tehranifar *et al.* (2007) reportaron que la adición de peat moss y agrolita al sustrato tienen un buen efecto en el peso de fruto de fresa comparado con diferentes sustratos como fibra de coco y arena. En base a lo anterior, el efecto del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita sobre el peso fresco de fruto pudo haber sido mejor debido a que también tuvo un buen efecto en la acumulación de peso fresco de fruto (Cuadro 5) respecto del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita, lo cual es similar a lo reportado por Abu-Zahra y Tahboub (2008) quienes mostraron que la adición de composta al suelo reduce el peso fresco de fruto de fresa en comparación con un sistema convencional (uso de fertilizantes inorgánico y pesticidas).

Por su parte, Wang y Lin (2002) mencionan que la adición de composta al sustrato incrementa el peso fresco de fruto en fresa comparado cuando no se adiciona composta en las diferentes mezclas y cuando no se aplica fertilización. Los resultados en nuestro estudio pudieron haber diferido con Wang y Lin (2002) ya que los autores únicamente comparan la composta con suelo y arena pero no con peat moss y agrolita. Además Wang y Lin (2002) no mencionan que tipo de composta se utilizó durante el experimento. Otros experimentos han mostrado en fresa que la vermicomposta tiene un buen efecto en el número de frutos por planta cuando se aplica de forma foliar en comparación cuando no se aplica (Singh *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2008; Arancon *et al.*, 2004).

Por otra parte, si hubo diferencias altamente significativas en los niveles del factor variedad ($P=0.0001$), donde, el cultivar Zamorana tuvo el mejor peso de fruto siendo estadísticamente diferente respecto de los cultivares Jacona y Festival (Cuadro 7). Hortyfski *et al.* (1991) mencionan que frutos de fresa con pesos superiores son aquellos que provienen de plantas con más follaje, con mayor área fotosintética y de peciolo gruesos. De acuerdo a lo anterior, se puede observar que Zamorana tuvo una mayor asimilación de CO_2 en las seis fechas de evaluación (Cuadro 9) y un mayor número de hojas (Cuadro 16) lo cual pudo haber incrementado el peso de fruto en fresa. De acuerdo con Hortynski *et al.* (1994) mencionan que el peso de fruto también depende principalmente del cultivar (número de aquenios), de la temperatura y del sistema de

producción (orgánico o convencional), por lo que el cultivar Zamorana pudo haber tenido un mayor número de aquenios, los cuales favorecieron una mayor elongación del receptáculo comparado con los cultivares Jacona y Festival (Quesada *et al.*, 2009).

4.4.4. Número de frutos

No fue significativo el efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato ($P=0.5015$). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción del factor variedad x método de desinfección ($P>0.2370$). Sin embargo, la interacción variedad x sustrato si mostró ser estadísticamente significativo ($P=0.0013$), donde, el cultivar Festival tuvo el mayor número de frutos por planta (34.32) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el mismo cultivar tuvo el menor número de frutos por planta (26.16) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Mientras tanto, los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) tuvieron un ligero incremento en el número de frutos cuando estos fueron plantados en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 24).

Por otra parte, la interacción de los factores método de desinfección x sustrato si mostró significancia estadística ($P=0.0015$), en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo el mayor número de frutos por planta (36.47) cuando este no fue desinfectado (testigo); mientras que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor número de frutos por planta (21.60) (Figura 25). También se observa que la inoculación de *Bacillus subtilis* en ambos sustratos disminuyó el número de frutos por planta. Por otra parte, la inoculación de micorrizas mejoró el número de frutos por planta cuando estas fueron inoculadas en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando las micorrizas fueron inoculadas en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde se tuvo un menor número de frutos (Figura 25).

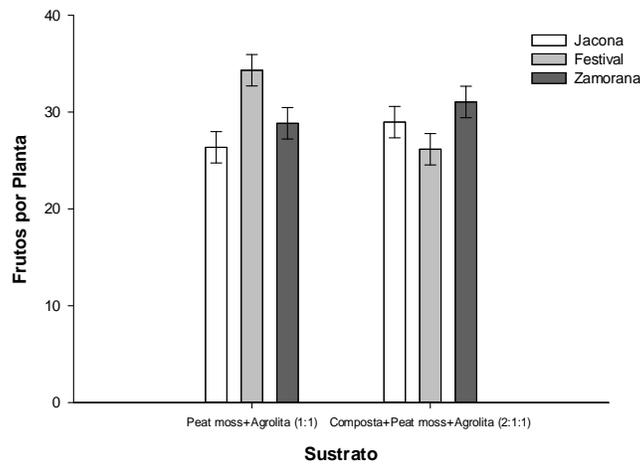


Figura 24. Efecto de la interacción variedad x sustrato en el número de frutos de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

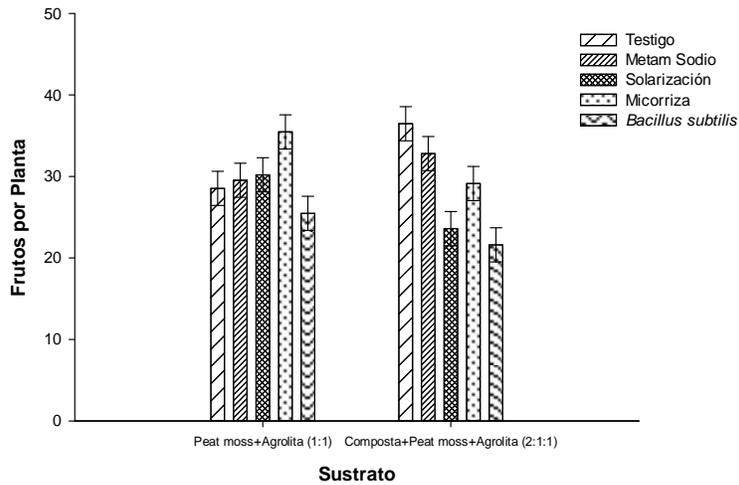


Figura 25. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el número de frutos por plantas de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Por su parte, los niveles del factor método de desinfección mostraron diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) en el número de frutos por planta, donde el testigo (no desinfección) y las micorrizas tuvieron un buen efecto sobre respecto de *Bacillus subtilis* (Cuadro 7). Lo anterior coincide por lo reportado por Cekic y Yilmaz (2011) quienes encontraron que el número de frutos por planta en fresa se incrementa cuando el sustrato fue inoculado con micorriza (*G. clarum*) en comparación cuando no se aplicó (testigo) y en nuestro experimento se ve un buen efecto de la micorriza con respecto a los demás métodos de desinfección y el testigo. Por su parte, Palha *et al.* (2009) no encontraron diferencias significativas entre diferentes métodos químicos (metam sodio y bromuro de metilo) y solarización o la combinación de estos sobre el número de frutos por planta en fresa lo cual concuerda en nuestro estudio ya que no hubo diferencias entre el método químico y físico.

Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas en los niveles del factor sustrato ($P=0.3997$) y variedad ($P=0.1702$) (Cuadro 7). Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) encontraron en fresa, que el número de frutos se incrementa cuando se utilizan sustratos elaborados a base de composta de ovino, sin embargo en nuestro experimento se puede observar (Cuadro 7) que hay una tendencia de un mayor número de frutos por planta cuando se utiliza el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde el número de frutos fue menor. Lo anterior es similar a lo reportado por Tehranifar *et al.* (2007) quienes encontraron que al adicionar perlita (60 %) en el sustrato mejora significativamente el número de frutos por plantas comparado cuando únicamente se utilizó arena (100%). Por su parte, Salame y Santos (2012) también demostraron en fresa que la adición de peat moss (65 %) y agrolita (35 %) incrementó el número de frutos por planta en comparación cuando se utilizó corteza de pino. Ebrahimi *et al.* (2012) observaron que al utilizar agrolita y fibra de coco el número de frutos se incrementó significativamente comparado cuando se utilizó arena y agrolita.

Cárdenas-Navarro *et al.* (2006) encontraron en fresa que al incrementar la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (4:0) se incrementa el número de frutos ya que se tiene un mejor consumo de NH_4 , implicando un incremento en la utilización de carbohidratos en la raíz para la asimilación o excreción de NH_4 (Kronzucker *et al.*, 2001).

Cuadro 7. Componentes de rendimiento de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Rendimiento acumulado (g/planta)	Peso de fruto (g)	Frutos por planta
Método de Desinfección (MD)	Testigo	379.13 a ^x	11.96 a	32.50 a
	Metam Sodio	361.93 ab	11.83 a	31.17 a
	Solarización	311.23 bc	11.57 a	26.90 ab
	Micorriza	378.80 a	11.76 a	32.30 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	284.45 c	12.33 a	23.53 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	355.52 a	12.20 a	29.84 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	330.69 a	11.57 b	28.72 a
Variedad (V)	Jacona	333.75 ab	12.20 b	27.66 a
	Festival	317.38 b	10.58 c	30.24 a
	Zamorana	378.19 a	12.90 a	29.24 a
V x MD		ns	ns	ns
V x S		s	ns	s
MD x S		s	ns	s
V x MD x S		ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.5. Contenido de Azúcares Totales

4.5.1. Hoja

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística ($P > 0.8733$). Tampoco hubo efecto significativo en las interacciones variedad x método de desinfección ($P > 0.9619$), variedad x sustrato ($p > 0.8769$) y método de desinfección x sustrato ($P > 0.6033$).

Los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas ($P > 0.9603$). Tampoco hubo significancia estadística en los niveles del factor método de desinfección ($P > 0.9471$) (Cuadro 8). Sin embargo, en los niveles del factor variedad si hubo diferencias significativas ($P < 0.0011$), en el cual, el cultivar Festival tuvo el mayor porcentaje de Azúcares Totales en Hoja (ATH) y fue estadísticamente diferente respecto de los cultivares Zamorana y Jacona, encontrado valores de entre 2.25 y 3.09 % (Figura 26). Estrada-Ortiz *et al.* (2011) encontraron que los azúcares totales en hoja de fresa del cultivar Festival fueron mayor en época de fructificación siendo menor los azúcares totales en la etapa de floración con valores de entre 1.92 y 2.81 %.

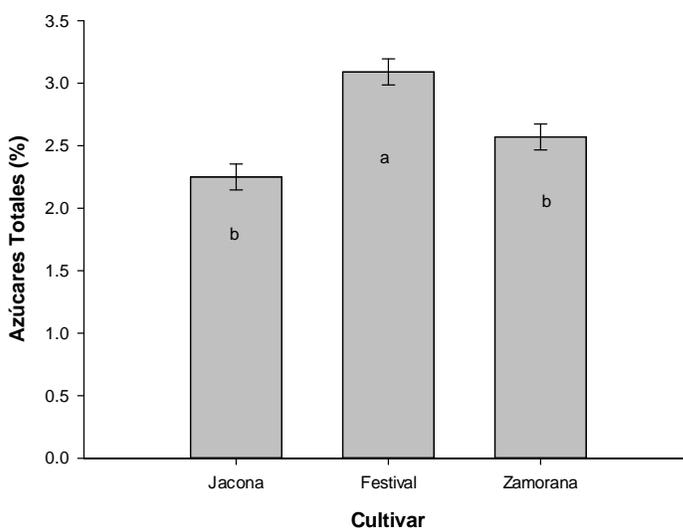


Figura 26. Azúcares totales (AT) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=3$).

4.5.2. Raíz

No tuvo efecto significativo en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.0841$) sobre el contenido de azúcares totales en raíz (ATR). Tampoco hubo significancia estadística en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.8973$), variedad x sustrato ($P>0.5008$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.3326$). Para los niveles de los factores sustrato no hubo diferencias significativas ($P>0.1220$), ni tampoco en los niveles del método de desinfección ($P>0.7120$) y variedad ($P>0.1558$) (Cuadro 8).

4.5.3. Tallo

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.6089$) en el contenido de azúcares totales en tallo (ATC). Tampoco hubo significancia estadística en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.9991$), variedad x sustrato ($P>0.2639$) y método de desinfección x sustrato ($p>0.2698$). No hubo diferencias significativas en los niveles del factor sustrato ($P>0.0925$) y método de desinfección ($P>0.8035$). Tampoco hubo diferencias en los niveles del factor variedad ($P>0.0683$).

4.5.4. Totales

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.4518$) no mostró ser estadísticamente significativa sobre el contenido de azúcares totales de la planta (ATP). Tampoco mostraron significancia estadística las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.9493$), variedad x sustrato ($P>0.1811$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.7532$).

Para los niveles del factor sustrato no hubo diferencias significativas ($P>0.1217$), ni tampoco en los niveles del factor método de desinfección ($P>0.9929$), sin embargo, en los niveles del factor variedad si hubo significancia estadística ($P>0.0093$) (Cuadro 8), en el cual, el cultivar Festival fue quien acumuló más ATP (Hoja, Raíz y Tallo) con 4.89 % y fue estadísticamente diferente respecto de los cultivares Zamorana (4.05 %) y Jacona (4.0 %). En la Figura 27 se muestra que la hoja fue el órgano con más AT con valores de entre 2.24 y 3.09 % donde el cultivar Festival fue el que tuvo mayor porcentaje de azúcares totales, mientras que el cultivar Jacona y Zamorana tuvieron similar porcentaje (2.25 y 2.57 %). La tallo fue el segundo órgano que más AT acumuló con valores de entre 1.01 y 1.30 %. Por su parte, la raíz fue el órgano con menos contenido de AT, donde los tres cultivares tuvieron valores de entre 0.50 y 0.59 %.

La hoja tuvo los más altos porcentajes debido a que es el órgano dominante en la fijación de carbono, además de ser el principal sitio donde se sintetizan los carbohidratos (Carlen *et al.*, 2009). La disminución de los niveles de AT en raíz se pudo haber debido a que durante el desarrollo y crecimiento este órgano pudo haber translocado los carbohidratos a sitios de demanda como la hoja, tallo y fruto (Nishizawa, 1998). Por su parte, Acuña-Maldonado y Pritts (2008) encontraron que a elevadas concentraciones de CO₂ en el otoño, se incrementa la distribución de Carbono (C) en los diferentes órganos de la planta. También mencionan que con un incremento en las reservas de N, la planta de fresa exhibe disminución en las reservas de los carbohidratos totales en la raíz, también reportaron que plantas con altas reservas de N producen más biomasa que aquellas con un bajo nivel de N. Gagnon *et al* (1990) reportan un incremento en el contenido de azúcares solubles totales en raíz cuando los frutos de fresa son removidos.

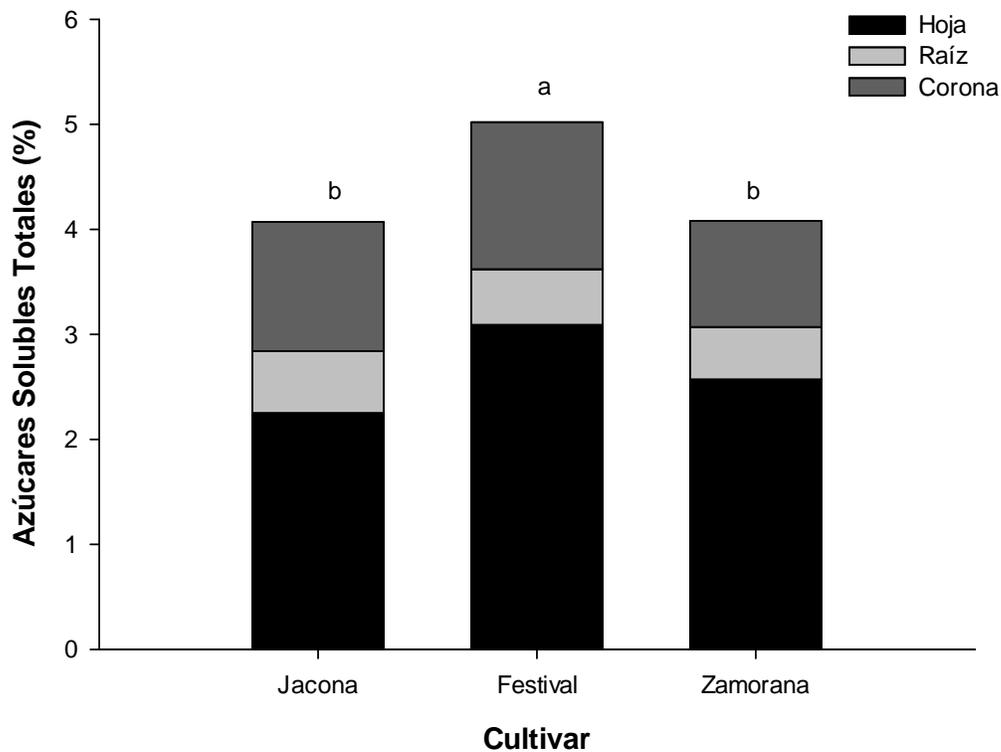


Figura 27. Azúcares totales (AT) en hoja, tallo y raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre variedades denotan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Cuadro 8. Acumulación de azúcares totales (AT) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Azúcares Solubles Totales (%)			
Factores	Niveles	Hoja	Raíz	Tallo	Totales
Método de Desinfección (MD)	Testigo	2.58 a ^x	0.57 a	1.26 a	4.38 a
	Metam Sodio	2.63 a	0.56 a	1.16 a	4.34 a
	Solarización	2.60 a	0.55 a	1.16 a	4.30 a
	Micorriza	2.68 a	0.51 a	1.12 a	4.28 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	2.71 a	0.51 a	1.20 a	4.28 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	2.64 a	0.57 a	1.25 a	4.44 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	2.64 a	0.51 a	1.10 a	4.20 a
	Jacona	2.25 b	0.59 a	1.23 a	4.01 b
	Festival	3.09 a	0.53 a	1.30 a	4.89 a
Variedad (V)	Zamorana	2.57 b	0.50 a	1.01 a	4.05 b
	V x MD	ns	ns	ns	ns
	V x S	ns	ns	ns	ns
MD x S	ns	ns	ns	ns	
V x MD x S	ns	ns	ns	ns	

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.6. Respuesta Fisiológica

4.6.1. Fotosíntesis

No hubo significancia estadística en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las cinco fechas de evaluación de la Tasa Fotosintética Aparente (Fa) ($P > 0.7654$; $P > 0.8636$; $P > 0.0696$; $P > 0.7940$; $P > 0.9496$, respectivamente). La interacción de los factores variedad x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa en las cinco fechas de evaluación ($P > 0.7036$; $P > 0.5186$; $P > 0.1237$; $P > 0.9561$; $P > 0.9861$, respectivamente). No fue significativo el efecto de la interacción variedad x método de desinfección ($P > 0.7715$; $P > 0.9400$; $P > 0.1249$; $P > 0.7462$; $P > 0.2801$, respectivamente).

Sin embargo, la interacción de los factores método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística a los 97 ($P > 0.0775$), 168 ($P > 0.1931$), 331 ($P > 0.9634$) y 393 DDT ($P > 0.2406$); mientras que a los 245 DDT la interacción fue estadísticamente significativa ($P = 0.0259$), donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado con el método de desinfección físico (solarización) tuvo la Fa más alta ($11.27 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), encontrándose además, que los sustratos elaborados a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método físico (solarización) u inoculados con *Bacillus subtilis* tuvieron las menores Fa con 7.67 y 7.70 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente (Figura 28).

En los niveles del factor método de desinfección no hubo diferencias significativas en las cinco fechas de evaluación de la Fa ($P > 0.1069$; $P > 0.6817$; $P > 0.5095$; $P > 0.7798$; $P > 0.9952$, respectivamente) (Cuadro 9). Sin embargo Fan *et al.* (2008) encontraron que con la inoculación de micorrizas en fresa se incrementó la Fa en comparación con aquellas plantas que no fueron inoculadas, ya que mencionan que la inoculación con micorrizas mejora la nutrición mineral de la planta, afectando la fotosíntesis, mientras que Zhu *et al.* (2012) demostraron que mediante la inoculación de micorrizas en maíz la tasa fotosintética se incrementó comparado con aquellas plantas que no fueron inoculadas. De acuerdo a los autores antes citados en nuestro experimento, hubo una tendencia del efecto de la micorriza a los 97 y 393 DDT mejorándola Fa en comparación con los demás métodos de desinfección y el testigo.

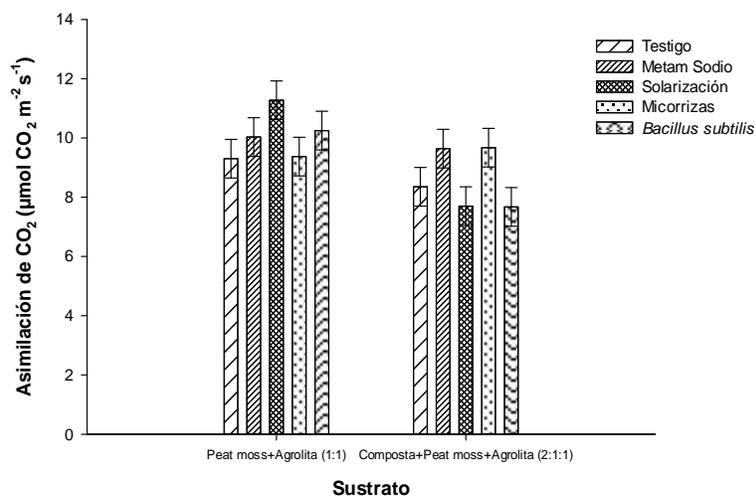


Figura 28. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la tasa fotosintética aparente (Fa) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, se ha reportado en trigo que la aplicación de un método químico al suelo reduce la asimilación de CO₂ en un 40-52 % en comparación cuando no se aplica (Trend, 1989). Sin embargo, en nuestro estudio al aplicar el método químico (metam sodio) no se encontró una disminución de la Fa ya que tenía valores similares en comparación con el testigo y los otros 3 métodos de desinfección. Posiblemente el método químico en trigo no tuvo un buen efecto en el crecimiento y desarrollo de la planta por lo cual afectó la asimilación de CO₂, mientras que en nuestro experimento el crecimiento de la planta de fresa se desarrolló de manera normal al aplicar el método químico.

Se encontraron diferencias significativas en los niveles del factor sustrato a los 168, 245 y 393 DDT (Pr0.0385; Pm0.0010; Pr0.0350, respectivamente), en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente la Fa en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 9). Por otra parte, no se encontró significancia estadística entre sustratos a los 97 y 331 DDT (P>0.5955; P>0.6542, respectivamente) (Cuadro 9). La diferencia entre sustratos a los 168, 245 y 393 DDT se debió a que en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita la planta tuvo un mejor crecimiento y desarrollo mejorando variables de crecimiento como la acumulación de materia seca (Figura 17), área foliar (Cuadro

16), peso específico de hoja (PEH) (Cuadro 13) y un mayor índice de verdor (Cuadro 15) en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Sin embargo, Ameri y Tehranifar. (2012) reportaron que la aplicación de ácidos húmicos en el riego en fresa incrementa la asimilación de CO₂ comparado cuando se aplicó al suelo debido a que tiene efectos en la fisiología de la planta como el buen desarrollo de la planta.

Si hubo significancia estadística en los niveles del factor variedad a los 97 DDT (Pr0.0288) y 393 DDT (Pr0.0081), mientras que a los 168, 245 y 331 DDT no se encontraron diferencias significativas (P>0.3936; P>0.4466; P>0.0829, respectivamente) entre los tres cultivares. A los 97 DDT, la Fa fue mayor en el cultivar Zamorana siendo diferente del cultivar Festival la cual tuvo menor Fa. Mientras tanto, en la última evaluación (393 DDT), nuevamente el cultivar Zamora tuvo la mayor Fa siendo diferente de los cultivares Jacona y Festival (Cuadro 9). De acuerdo a lo anterior Zamorana pudo haber tenido una mayor asimilación de CO₂ debido a que este cultivar presentó un mayor peso específico de hoja (PEH) en todas las evaluaciones (Cuadro 13) ya que el PEH es un estimador de la capacidad fotosintética de la hoja y es una variable que aumenta conforme incrementa la intensidad de luz (Hidaka *et al.*, 2013; Chabot y Chabot, 1977). Chen *et al.* (1997) y Sun *et al.* (2012) mencionan que un aumento en fotosíntesis se traduce en un mayor rendimiento y acumulación materia seca lo cual coincide en nuestro experimento ya que Zamorana demostró tener mayor rendimiento y materia seca total en comparación con los cultivares Jacona y Festival.

Por su parte, Keutgen *et al.* (1997) encontraron que la tasa fotosintética es mayor cuando las mediciones se realizan en la parte media de la planta y a una concentración de 600 ppm de CO₂ (11.3 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹). Los autores atribuyen este incremento a una estimulación de la TFA a través de una promoción de reacciones fotosintéticas nocturnas (incremento en la actividad de Rubisco, alta concentración interna de CO₂, baja fotorrespiración) y a un desplazamiento del equilibrio hacia el lado de carboxilación ya que el CO₂ es uno de los sustratos limitantes. Por lo que de acuerdo a lo anterior se obtuvieron valores similares y esto se debió a que las mediciones realizadas en el experimento se realizaron en hojas de la parte media de la planta (Cuadro 9) (Carlen *et al.*, 2009).

Otro de los factores que también afecta las mediciones es el lugar donde se realizan éstas, ya que Hancock *et al.* (1989) reportaron que la Fa es mayor cuando las mediciones se realizan a campo abierto (15.4 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), mientras que en invernadero la Fa es menor (11.2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹). Por lo que con base en lo anterior

se puede decir que los valores obtenidos en nuestro experimento son similares ya que la mediciones se realizaron en invernadero donde se encontraron valores de entre 7.77 y 13.10 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ entre los niveles del factor Variedad (Cuadro 9). Sin embargo, Hidaka *et al.*, (2013) demostraron que al suplementar luz (LED), la tasa fotosintética se incrementa, teniendo valores de hasta 12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en condiciones de invernadero.

Carlen *et al.*, (2009) encontraron que un incremento de la intensidad lumínica, la tasa fotosintética aumenta. Además reportaron que la temperatura óptima en la fotosíntesis es de 26 a 34 °C concluyendo que los cultivares de fresa Marmolada y Darselec se adaptan bien a condiciones cálidas. También mencionan que la fotosíntesis es influenciada por el periodo de cosecha, en el cual, la tasa fotosintética incrementa al principio de la cosecha y después disminuye hasta el final del periodo. Los autores afirman que dichos cambios en fotosíntesis están relacionados con la relación fuente-demanda y esto coincide en el presente estudio pues se pudo observar que a los 245 DDT (31 de Octubre de 2013) las plantas comenzaban a producir los primeros frutos por lo que la principal demanda de fotoasimilados fue el fruto ya que se observó que conforme la fecha de cosecha avanza, la fotosíntesis tiende a ser mayor.

Sin embargo, Bunce (2001) encontró que la tasa fotosintética en fresa disminuye cuando las temperaturas son superiores a 25°C. Por su parte, Kadir *et al.* (2006) encontraron que la tasa fotosintética disminuye a temperaturas de 40/35°C (día/noche), mientras que a regímenes de temperatura de 30/25°C y 20/15°C (día/noche) la fotosíntesis se incrementa, ya que mencionan que a altas temperaturas se inhibe la actividad de los tilacoides, especialmente cerca del centro de reacción del fotosistema II (PSII) (Berry y Bjorkman, 1980).

Cuadro 9. Tasa Fotosintética Aparente de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Tasa Fotosintética Aparente (Fa)				
Factores	Niveles	97 DDT	168 DDT	245 DDT	331 DDT	393 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	8.94 a ^x	10.17 a	8.83 a	9.72 a	11.16 a
	Metam Sodio	8.36 a	10.71 a	9.83 a	10.89 a	11.25 a
	Solarización	7.15 a	11.32 a	9.49 a	10.37 a	11.29 a
	Micorriza	9.85 a	10.48 a	9.52 a	10.36 a	11.70 a
	Bacillus subtilis	7.75 a	10.78 a	8.96 a	9.75 a	11.44 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	8.34 a	11.22 a	10.04 a	10.37 a	11.85 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	8.27 a	10.16 b	8.61 a	10.07 a	10.89 a
Variedad (V)	Jacona	7.77 ab	10.96 a	8.87 a	8.97 a	10.00 b
	Festival	7.62 b	10.39 a	9.19 a	9.94 a	10.95 b
	Zamorana	9.60 a	10.73 a	9.91 a	11.75 a	13.10 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	s	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^xValores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

4.6.2. Conductancia estomática

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las cinco fechas de evaluación de la conductancia estomática (CE) ($P>0.2273$; $P>0.3378$; $P>0.1413$; $P>0.2261$; $P>0.9800$, respectivamente).

La interacción de los factores método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa en las cinco evaluaciones de la CE ($P>0.1452$; $P>0.8687$; $P>0.1039$; $P>0.2446$; $P>0.0886$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x sustrato no mostró significancia estadística los 97 ($P>0.2507$), 168 ($P>0.0829$), 331 ($P>0.6924$) y 393 DDT ($P>0.6623$); mientras que a los 245 DDT si hubo significancia de la interacción ($P=0.0029$), donde, el cultivar Zamorana plantado en el

sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvo mayor CE ($0.24 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y los cultivares Jacona y Zamorana plantados en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvieron los valores más bajos de CE (0.20 y $0.20 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), así como también cuando el cultivar Festival fue plantado en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) ($0.20 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). También se observa en general, que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa la CE en los tres cultivares en comparación cuando fueron plantados en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 29).

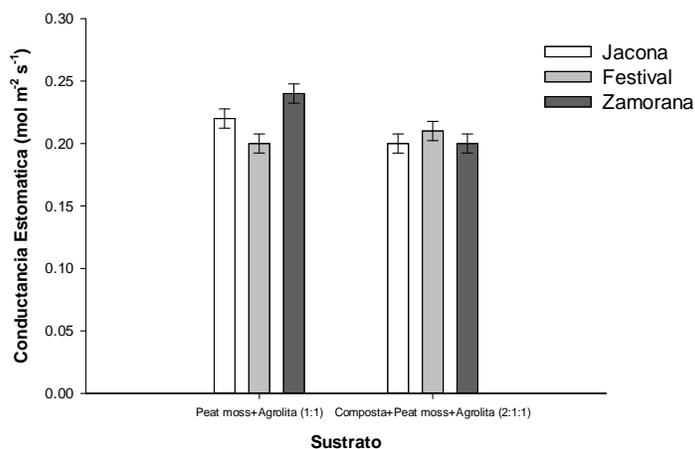


Figura 29. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la conductancia estomática (CE) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, la interacción variedad x método de desinfección no mostró significancia estadística a los 97 ($P > 0.3359$), 168 ($P > 0.0627$), 331 ($P > 0.9735$) y 393 DDT ($P > 0.4873$); mientras que en la tercera evaluación (245 DDT), la interacción si fue estadísticamente significativa ($P = 0.0018$), donde el método químico (metam sodio) mejoró significativamente la CE en el cultivar Zamorana ($0.25 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); sin embargo los valores más bajos de CE se encontraron cuando se utilizó micorrizas en el cultivar Jacona ($0.18 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 30).

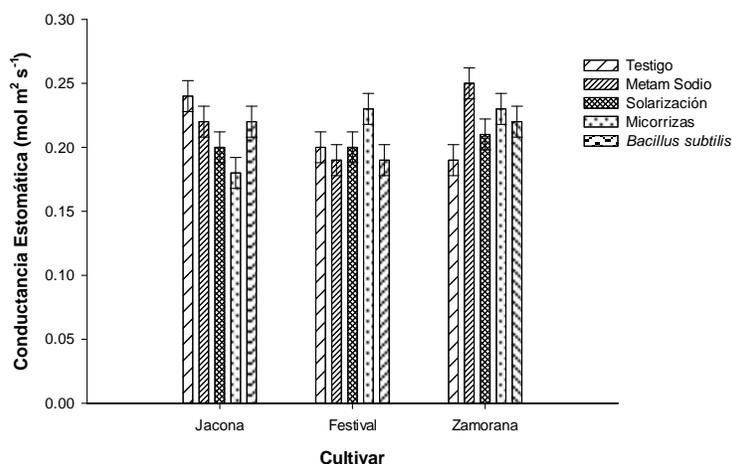


Figura 30. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la conductancia estomática (CE) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron efecto significativo sobre la CE a los 168 ($P > 0.1117$), 245 ($P > 0.5547$), 331 ($P > 0.2752$) y 393 DDT ($P > 0.9871$); mientras que a los 97 DDT si hubo diferencias significativas ($P = 0.0241$), en el cual, el uso de micorriza tuvo una CE estadísticamente mayor comparado con *Bacillus subtilis* (Cuadro 10). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Fan *et al* (2008) quienes encontraron en fresa del cultivar Zoji que al inocular micorrizas se incrementa la g_s en comparación con aquellas plantas que no fueron inoculadas. Sin embargo en trigo se ha visto que la aplicación de un método químico al suelo reduce la CE en un 41-55% respecto de plantas sin aplicación del químico (Trend, 1989), lo cual no concuerda con nuestros valores ya que el método químico tiene valores similares con respecto del testigo y los otros tres métodos de desinfección estudiados, por lo que el efecto del método químico va depender del cultivo al cual se aplique.

En lo que respecta a los niveles del factor sustrato, estos no mostraron diferencias significativas a los 168 ($P > 0.2285$), 331 ($P > 0.8672$) y 393 DDT ($P > 0.1542$); mientras que a los 97 y 245 DDT si hubo efecto significativo ($P = 0.0033$; $P = 0.0086$, respectivamente). A los 97 DDT, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente la CE en comparación con el sustrato elaborado con peat moss y agrolita (1:1). Sin embargo, a los 245 DDT la CE fue mayor cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1)

(Cuadro 10). Posiblemente esta diferencia entre sustratos se pudo haber debido a que a los 97 DDT el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) no suministró la suficiente agua a la planta ya que se ha reportado que una disminución de la CE en las plantas se relaciona con un déficit agua en el suelo o sustrato (Medrano *et al.*, 2002; Morales *et al.*, 2013) y esto mismo pudo haber ocurrido a los 245 DDT con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1).

Por otra parte, no hubo diferencias significativas entre variedades a los 97 DDT ($P > 0.1039$) y 245 DDT ($P > 0.3096$); sin embargo a los 168, 301 y 351 si hubo diferencias ($P < 0.0120$; $P < 0.0413$; $P < 0.0112$, respectivamente). En la segunda (168 DDT) y quinta evaluación (393 DDT), la CE fue mayor en los cultivares Jacona y Zamorana siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival. A los 331 DDT, el cultivar Zamorana tuvo la más alta CE, siendo estadísticamente diferente de Jacona. (Cuadro 10). Se puede decir que el cultivar Zamorana fue más eficiente en la apertura de estomas el cual se relaciona con su alta capacidad de asimilación de CO_2 (Cuadro 9)

Por su otra parte, Keutgen *et al.* (1997) mencionan que la CE es afectada por la edad de la hoja, no por la concentración de CO_2 . También muestran que la CE es mayor cuando se mide en hojas de la parte media en comparación en las hojas más jóvenes y senescentes. De acuerdo a lo anterior nuestras mediciones tienen un rango óptimo ya que las mediciones fueron realizadas en hojas de la parte media de la planta.

También se ha visto que la conductancia estomática es mayor cuando las mediciones se realizan en invernadero ($0.233 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en comparación cuando se realizan en campo ($0.226 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Hancock *et al.*, 1989), por lo que se puede decir que en nuestro experimento tuvimos valores dentro de ese rango ya que nuestras mediciones fueron realizadas en un invernadero.

Kadir y Sidhul (2006) encontraron que la CE se redujo significativamente a regímenes de temperatura de $40/35^\circ\text{C}$. También encontraron que una disminución en la conductancia estomática a altas temperaturas no correspondió a una disminución en la tasa fotosintética concluyendo que la g_s usualmente no está involucrada en efectos de temperatura sobre la fotosíntesis lo cual concuerda en nuestro estudio ya que no se observa una relación entre fotosíntesis y conductancia estomática a los 331 y 393 DDT, mientras que a los 97, 168 y 245 DDT si hay una relación.

Cuadro 10. Conductancia estomática (g_s) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Conductancia Estomática (mol m ⁻² s ⁻¹)				
Factores	Niveles	97 DDT	168 DDT	245 DDT	331 DDT	393 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.15 a ^x	0.19 a	0.21 a	0.19 a	0.17 a
	Metam Sodio	0.16 a	0.22 a	0.22 a	0.18 a	0.16 a
	Solarización	0.15 a	0.24 a	0.20 a	0.16 a	0.16 a
	Micorriza	0.17 a	0.22 a	0.21 a	0.17 a	0.18 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.14 a	0.22 a	0.21 a	0.17 a	0.17 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.14 b	0.23 a	0.22 a	0.17 a	0.17 a
	Composta+	0.16 a	0.21 a	0.20 a	0.17 a	0.16 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)					
Variedad (V)	Jacona	0.18 a	0.26 a	0.21 a	0.15 b	0.18 a
	Festival	0.14 a	0.17 b	0.20 a	0.17 ab	0.12 b
	Zamorana	0.14 a	0.23 a	0.22 a	0.20 a	0.20 a
V x MD		ns	ns	s	ns	ns
V x S		ns	ns	s	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.6.3. Transpiración

No hubo significancia estadística en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las cinco fechas de evaluación de la tasa de transpiración (E) ($P>0.2977$; $P>0.7004$; $P>0.1799$; $P>0.5827$; $P>0.8918$, respectivamente). Tampoco hubo efecto significativo en la interacción del factor método de desinfección x sustrato en las cinco fechas de evaluación de la E ($P>0.1820$; $P>0.3716$; $P>0.0803$; $P>0.3296$; $P>0.2253$, respectivamente). En la interacción variedad x método de desinfección, la E no fue estadísticamente significativa a los 97 ($P>0.3958$), 168 ($P>0.0711$), 331 ($P>0.9791$) y 393 DDT ($P>0.2857$); mientras que a los 245 DDT si mostró tener un efecto significativo ($P=0.0174$), en el cual, la E fue mayor cuando el cultivar Festival se inoculó con micorrizas ($6.47 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mientras que la menor E fue cuando el cultivar Jacona se inoculó con micorrizas ($4.11 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 31), por lo que el efecto de la micorriza dependerá del cultivar que se este tratando

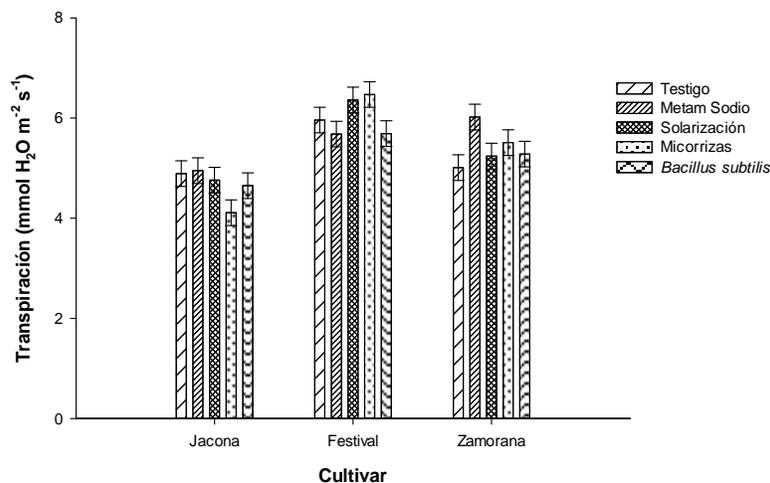


Figura 31. Efecto de la interacción variedad x método de Desinfección en la Transpiración (E) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, el efecto de la interacción variedad x sustrato no mostró ser estadísticamente significativo a los 97 ($P > 0.3897$), 168 ($P > 0.2839$), 331 ($P > 0.6867$) y 393 DDT ($P > 0.8777$); sin embargo, en la tercera fecha de evaluación (245 DDT) la interacción si fue estadísticamente significativa ($P = 0.0210$), donde, el cultivar Festival plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) la E fue mayor ($6.19 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mientras que la menor E fue cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 32).

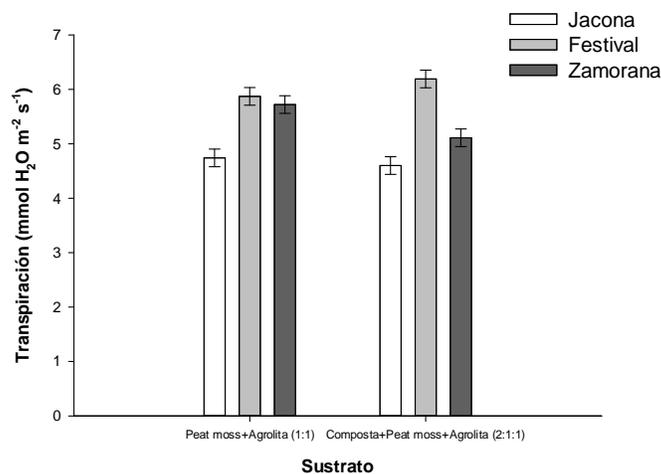


Figura 32. Efecto de la interacción método de variedad x sustrato en la transpiración (E) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 245 DDT (31 de Octubre 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En los niveles del factor método de desinfección no hubo diferencias significativas en las cinco fechas de evaluación de la E ($P > 0.4966$; $P > 0.1827$; $P > 0.5146$; $P > 0.4554$; $P > 0.9982$, respectivamente) (Cuadro 11). Sin embargo Fan *et al.* (2008) encontraron que la inocular micorrizas en fresa la E se incrementa en comparación con aquellas plantas que no fueron inoculadas (testigo). Este mismo efecto se observó en maíz ya que plantas inoculadas con micorrizas tuvieron una alta E en comparación con aquellas plantas no inoculadas (Zhu *et al.*, 2012). En nuestro experimento se observa este efecto a los 97 y 393 DDT donde la micorriza tiene una tendencia de incrementar la E. Por otra parte se ha visto que la aplicación del método químico al suelo en trigo, la E disminuye en un 24-36 % en comparación cuando a las plantas no se les aplicó (Trend, 1989). Sin embargo, en nuestro experimento el método químico tuvo un comportamiento similar comparado con el testigo y los otros tres métodos de desinfección, por lo que el efecto del método químico va depender del cultivo que se esté estudiando.

Sin embargo, en los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas a los 168 ($P > 0.5844$), 245 ($P > 0.2754$), 331 ($P > 0.8526$) y 393 DDT ($P > 0.2335$); mientras que a los 97 DDT si hubo efecto significativo ($P = 0.0142$), en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) resultó ser estadísticamente mayor en la E que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 11).

En lo que respecta a los niveles del factor variedad no hubo diferencias significativas a los 97 ($P > 0.4697$), 168 ($P > 0.3818$) y 393 DDT ($P > 0.06387$), sin embargo, a los 245 y 331 DDT si mostraron diferencias ($P = 0.0003$; $P = 0.0069$, respectivamente). En la tercera evaluación (245 DDT) el cultivar Festival tuvo la mayor E siendo estadísticamente diferente de los cultivares Jacona y Zamorana. Mientras que a los 331 DDT, los cultivares Festival y Zamorana tuvieron la mayor E siendo estadísticamente diferentes del cultivar Jacona (Cuadro 11). Se puede observar que el cultivar Festival tuvo una tendencia de perder más agua en forma de vapor hacia la atmosfera en las cinco fechas de evaluación comparado con los cultivares Jacona y Zamorana. Caird *et al.* (2007) mencionan que la transpiración provee un buen sistema de transporte de minerales los cuales son absorbidos por la raíz y se mueven a través de la transpiración. De acuerdo a lo anterior se encontró este efecto en el cultivar Festival, ya que nutrimentos como N

(Cuadro 17), K (Cuadro 18), P (Cuadro 19) y Ca (Cuadro 20) fueron mayores en este cultivar lo cual puede estar relacionado con su alta E.

También se encontró en los tres factores principales una relación de la tasa transpiratoria (E) con la conductancia estomática (CE) ya que se encontró que una mayor tasa de transpiración (E) (Cuadro 11) la conductancia estomática (Cuadro 10) se incrementa en cada fecha de evaluación.

Keutgen *et al* (1997) mencionan que la transpiración es afectada por la edad de la hoja, no por la concentración de CO₂.

Cuadro 11. Transpiración (E) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Transpiración (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)				
		97 DDT	168 DDT	245 DDT	331 DDT	393 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	5.88 a ^x	4.94 a	5.28 a	4.21 a	6.35 a
	Metam Sodio	5.92 a	5.77 a	5.55 a	4.26 a	6.38 a
	Solarización	5.76 a	5.89 a	5.45 a	3.81 a	6.38 a
	Micorriza	6.07 a	5.55 a	5.36 a	3.86 a	6.60 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	5.56 a	5.81 a	5.21 a	3.91 a	6.40 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	5.52 b	5.67 a	5.44 a	4.03 a	6.60 a

	Composta+	6.17 a	5.52 a	5.30 a	3.99 a	6.25 a
	Peat moss +					
	Agrolita (2:1:1)					
Variedad (V)	Jacona	5.72 a	5.56 a	4.67 c	3.12 b	6.45 a
	Festival	5.53 a	5.10 a	6.03 a	4.65 a	5.52 a
	Zamorana	6.24 a	6.12 a	5.41 b	4.26 a	7.17 a
V x MD		ns	ns	s	ns	ns
V x S		ns	ns	s	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^xValores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.6.4. Eficiencia en el Uso del Agua

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística en las cinco fechas de evaluación de la eficiencia en el uso del agua (EUA) ($P>0.8318$; $P>0.2506$; $P>0.1281$; $P>0.3165$; $P>0.0874$, respectivamente). Tampoco hubo efecto significativo en la interacción variedad x sustrato ($P>0.8760$; $P>0.1484$; $P>0.6003$; $P>0.6826$; $P>0.4728$, respectivamente) y en la interacción del factor variedad x método de desinfección ($P>0.9717$; $P>0.3001$; $P>0.2741$; $P>0.7318$; $P>0.4482$, respectivamente).

No fue significativo el efecto de la interacción método de desinfección x sustrato a los 168 ($P>0.8502$), 245 ($P>0.3436$), 331 ($P>0.2815$) y 393 DDT ($P>0.4001$); mientras que a los 97 DDT la interacción si fue significativa ($P=0.0115$). A los 97 DDT, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con micorrizas tuvo el valor más alto de EUA ($1.93 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mientras que el sustrato elaborado con composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con micorrizas tuvo el menor valor de EUA ($0.74 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 33).

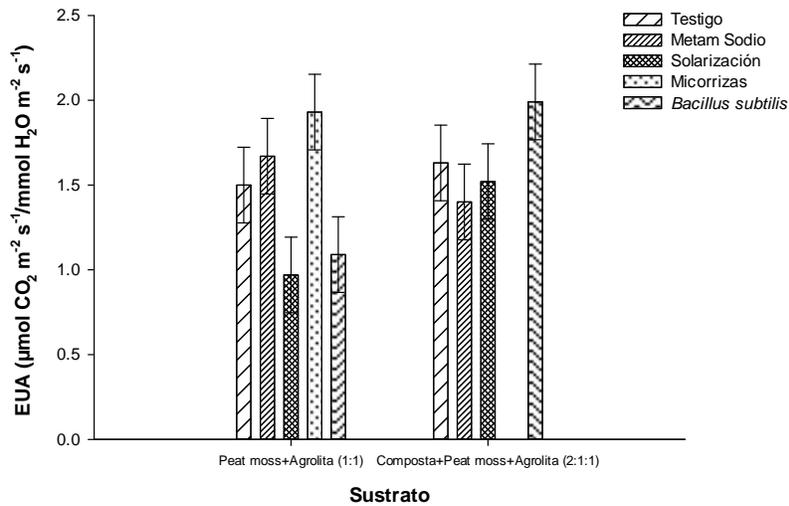


Figura 33. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la eficiencia del uso del agua (EUA) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 97 DDT (7 de Junio 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No hubo diferencias significativas en los niveles del factor método de desinfección en las cinco fechas de evaluación de la EUA ($P > 0.5271$; $P > 0.5999$; $P > 0.8768$; $P > 0.3433$; $P > 0.7691$, respectivamente) (Cuadro 12). Por su parte, los niveles del factor sustrato no mostraron ser estadísticamente diferentes a los 97 ($P > 0.0952$), 168 ($P > 0.1252$), 331 ($P > 0.5743$) y 393 DDT ($P > 0.8784$), sin embargo, a los 245 DDT si hubo diferencias significativas ($p = 0.0109$), donde, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente la EUA en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 12).

Por otra parte, no hubo diferencias significativas entre variedades a los 97 ($P > 0.5607$), 168 ($P > 0.3805$) y 331 DDT ($P > 0.1201$); sin embargo en la tercera (245 DDT) y quinta evaluación (393 DDT) si hubo diferencias (respectivamente), donde, el cultivar Jacona tuvo el valor más alto de EUA siendo diferente del cultivar Festival. Sin embargo, a los 393 DDT, el cultivar Zamorana tuvo una EUA estadísticamente mayor comparado con el cultivar Jacona (Cuadro 12).

Cuadro 12. Eficiencia en el uso del agua (EUA) de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Eficiencia en el Uso del Agua ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				
Factores	Niveles	97 DDT	168 DDT	245 DDT	301 DDT	351 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.57 a ^x	2.20 a	1.70 a	2.37 a	1.78 a
	Metam Sodio	1.54 a	1.95 a	1.77 a	2.75 a	1.82 a
	Solarización	1.25 a	2.10 a	1.74 a	2.89 a	1.85 a
	Micorriza	1.75 a	2.00 a	1.82 a	2.98 a	1.86 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.54 a	1.91 a	1.73 a	2.58 a	1.83 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.61 a	2.13 a	1.85 a	2.77 a	1.83 a
	Composta+	1.40 a	1.93 a	1.65 b	2.66 a	1.83 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)					
Variedad (V)	Jacona	1.35 a	1.99 a	1.94 a	3.01 a	1.57 b
	Festival	1.63 a	2.26 a	1.52 b	2.40 a	2.11 a
	Zamorana	1.55 a	1.84 a	1.81 ab	2.74 a	1.85 ab
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		s	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.7. Variables de Crecimiento

4.7.1. Peso Específico de Hoja

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en la variable peso específico de hoja (PEH) en las cinco fechas de evaluación ($P>0.8998$; $P>0.6304$; $P>0.3994$; $P>0.6988$; $P>0.2572$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x sustrato no tuvo efecto significativo ($P>0.6624$; $P>0.2128$; $P>0.6792$; $P>0.9416$; $P>0.7243$, respectivamente). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción variedad x método de desinfección ($P>0.6357$; $P>0.2308$; $P>0.7407$; $P>0.4736$; $P>0.2398$, respectivamente).

La interacción método de desinfección x sustrato no tuvo efecto significativo a los 173 (P>0.8497), 251 (P>0.7382), 351 (P>0.6532) y 405 DDT (P>0.7412); sin embargo, a los 301 DDT la interacción si fue estadísticamente significativa (Pr0.0233), en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*

tuvo el mayor PEH (9.99 mg cm^{-2}), mientras que el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método físico (solarización), tuvo el menor PEH (8.27 mg cm^{-2}) (Figura 34).

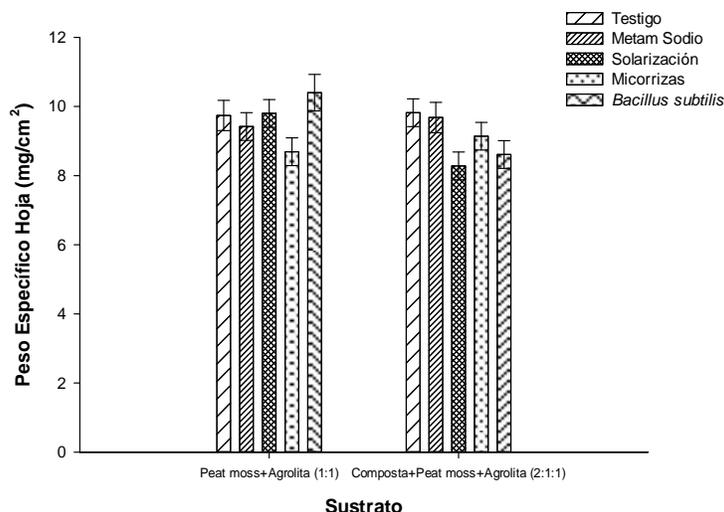


Figura 34. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el peso específico de hoja (PEH) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron significancia estadística sobre el PEH en las cinco fechas de evaluación ($P > 0.5827$; $P > 0.3569$; $P > 0.1921$; $P > 0.6907$; $P > 0.9174$, respectivamente) (Cuadro 13). En lo que respecta a los niveles del factor sustrato, estos no mostraron diferencias significativas a los 301 ($P > 0.0652$), 351 ($P > 0.0946$) y 405 DDT ($P > 0.7110$), mientras que a los 173 y 251 DDT si hubo diferencias significativas ($P = 0.0093$; $P = 0.0001$, respectivamente), donde el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) resultó ser estadísticamente mayor en el PEH en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 13).

Por otra parte, los niveles del factor variedad no mostraron diferencias significativas en el PEH a los 173 ($P > 0.0553$), 301 ($P > 0.0570$) y 405 DDT ($P > 0.1348$), sin embargo, en la segunda evaluación (251 DDT) si se encontraron diferencias ($P = 0.0021$). A 251 DDT, los cultivares Zamorana y Jacona fueron estadísticamente iguales teniendo los mayores valores de PEH y estos a su vez fueron diferentes del cultivar Festival; mientras que a los 351 DDT también se encontraron diferencias ($P = 0.0372$), donde el cultivar Zamorana tuvo el mayor PEH siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival (Cuadro 13).

El peso específico es una variable que aumenta conforme se aumenta la intensidad de luz (Chabot y Chabot, 1977; Hidaka *et al.*, 2013) ya que en nuestro estudio se observa a los 173 DDT (4 de Agosto de 2013) el PEH fue mayor y esto se debe a que la intensidad lumínica era mayor de acuerdo a la estación de año (Verano), mientras que a los 251 DDT (4 de noviembre) hay una disminución en el PEH ya que el muestreo se realizó en meses donde la intensidad lumínica empieza a disminuir (Otoño). También Hidaka *et al.* (2013) muestran que un alto PEH está también relacionado con el engrosamiento de la hoja, ya que se incrementa el tamaño de la célula del mesófilo y cantidades de tejido del mesófilo, el cual está relacionado con un incremento en la acumulación de productos de asimilación ocurridos en la fotosíntesis de la hoja. Chabot y Chabot (1977), Marini y Barden (1981) e Hidaka *et al.* (2013) mencionan que el PEH tiene una relación positiva con la asimilación de CO₂ y esto concuerda con nuestro estudio donde se observa que a los 168 DDT la asimilación de CO₂ fue mayor y también fue mayor el PEH (173 DDT), mientras que a los 245 DDT la asimilación de CO₂ fue menor y también hubo una disminución en el PEH (251 DDT), mientras que a los 331 DDT tanto Fa como PEH tuvieron un incremento y esto mismo sucedió a los 393 DDT (Cuadro 9 y 13).

Cuadro 13. Peso específico de hoja (PEH) de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Peso Específico de Hoja (mg/cm ²)				
		173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	11.11 a ^x	8.26 a	9.76 a	9.80 a	9.85 a
	Metam Sodio	10.70 a	8.75 a	9.60 a	9.77 a	9.95 a

	Solarización	10.63 a	8.59 a	9.04 a	9.66 a	9.69 a
	Micorriza	11.27 a	8.37 a	8.92 a	9.39 a	9.72 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	9.72 a	8.24 a	9.36 a	9.55 a	9.58 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	11.55 a	8.86 a	9.55 a	9.83 a	9.80 a
	Composta+	9.83 b	8.02 b	9.12 a	9.43 a	9.71 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)					
Variedad (V)	Jacona	10.97 a	8.54 a	9.22 ab	9.34 ab	9.57 a
	Festival	11.34 a	7.97 b	8.69 b	9.29 b	9.59 a
	Zamorana	9.75 a	8.81 a	10.04 a	10.24 a	10.11 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	s	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.7.2. Número de tallos

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en el número de tallos (NC) a los 251 ($P>0.6138$), 301 ($P>0.4450$), 351 ($P>0.1474$) y 405 DDT ($P>0.9451$); mientras que a los 119 y 173 DDT la triple interacción si fue significativa ($Pr0.0256$; $Pr0.0345$, respectivamente). En la primera evaluación (119 DDT), el mayor número de tallos (2.3) se encontró cuando el cultivar Jacona fue plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo). Sin embargo, a los 173 DDT, se encontró que el cultivar Zamorana tuvo el mayor número de tallos (2.6) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método químico (metam sodio).

La interacción variedad x método de desinfección no mostró ser estadísticamente significativa en las seis fechas de evaluación del NC ($P>0.3119$; $P>0.8395$; $P>0.9241$; $P>0.8962$; $P>0.5326$; $P>0.1242$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x sustrato no fue significativa a los 119 ($P>0.8204$), 173 ($P>0.4382$), 301 ($P>0.4748$) y 351 DDT ($P>0.3033$) pero si a los 251 y 405 DDT ($Pr0.0130$; $Pr0.0010$, respectivamente). En la tercera fecha de evaluación (251 DDT), el NC fue mayor cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que el menor NC fue cuando el cultivar Festival se plantó en el

sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 35a). A los 405 DDT, el cultivar Zamorana tuvo el mayor NC cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mientras que el cultivar Jacona tuvo el menor NC cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 35b). También en la Figura 35 se observa que en las dos fechas donde hubo significancia estadística, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) incrementa el número de tallos en los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) mientras que el NC del cultivar Festival se ve reducido.

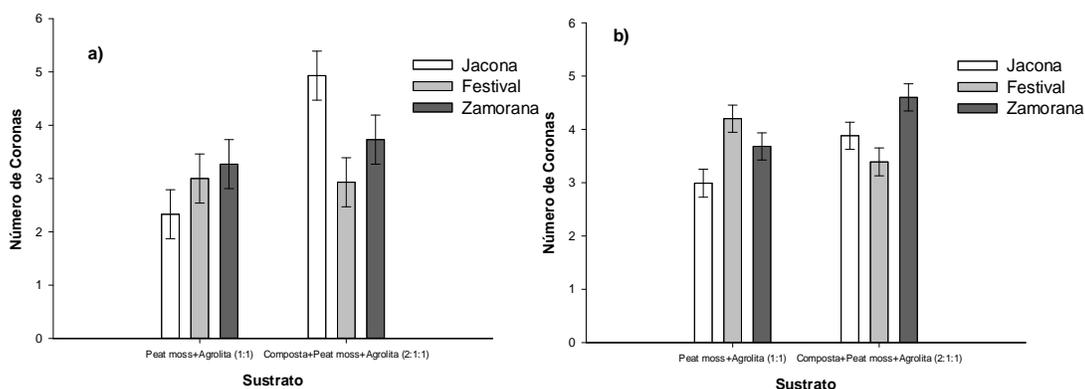


Figura 35. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre el número de tallos (NC) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En lo que respecta a la interacción de los factores método de desinfección x sustrato, esta no fue estadísticamente significativa a los 119 ($P > 0.7820$), 173 ($P > 0.1768$), 251 ($P > 0.5320$), 351 ($P > 0.4267$) y 405 DDT ($P > 0.0967$), sin embargo, en la cuarta evaluación (301 DDT) la interacción si fue significativa ($p = 0.0132$), en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y no desinfectado (testigo) tuvo el mayor NC (4.1), mientras que, el mismo sustrato desinfectado con el método químico (metam sodio) tuvo el menor NC (2.11) (Figura 36). También se observa en la Figura 36 que el método físico (solarización) y la inoculación de micorrizas tuvieron mayor NC cuando se aplicaron al sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando fueron aplicados al sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde el NC fue menor.

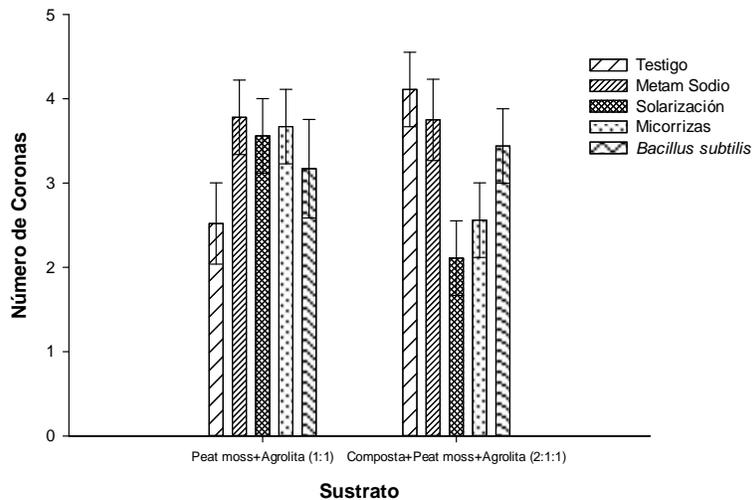


Figura 36. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el Número de tallos (NC) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No hubo diferencia significativa entre los métodos de desinfección en el NC a los 119 ($P > 0.5496$), 251 ($P > 0.9383$), 301 ($P > 0.3531$) y 351 DDT ($P > 0.3010$); mientras que a los 173 y 405 DDT si hubo diferencias significativas ($P < 0.0201$; $P < 0.0346$, respectivamente). A los 173 DDT el uso del método químico (metam sodio) tuvo un NC estadísticamente mayor en comparación con el método físico (solarización) y micorrizas. En la última evaluación (405 DDT), el NC fue mayor cuando se utilizó micorrizas como método de desinfección comparado con *Bacillus subtilis* (Cuadro 14). Se puede observar a los 173 DDT que el método químico (metam sodio) al tener un mayor número de tallos tuvo un mayor PSC (Cuadro 4) mientras que micorrizas y el método físico (solarización) al tener menor número de tallos tuvieron menos PSC (Cuadro 4). Este mismo efecto sucedió a los 405 DDT por lo que se puede inferir que a mayor número de tallos, la materia seca de este órgano se incrementa. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cekic y Yilmaz (2011) quienes encontraron que la inoculación de micorrizas (*Glomus clarum* y *Glomus caledonium*) en fresa incrementó el número de tallos por planta.

Los niveles del factor sustrato no mostraron ser estadísticamente diferentes a los 119 ($P > 0.3277$), 173 ($P > 0.6619$), 301 ($P > 0.6294$), 351 ($P > 0.6688$) y 405 DDT ($P > 0.1164$); mientras que a los 251 DDT si hubo diferencias significativas ($P < 0.0101$), en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita incrementó el NC (3.87) en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro

14). Lo anterior no concuerda a lo reportado por Jafarnia *et al* (2010), Tehranifar *et al.* (2007) y Ercisli *et al.* (2005) quienes demostraron que al utilizar peat moss y agrolita como sustrato en fresa en una relación de aproximadamente 1:1, el número de tallos se incrementa en comparación con otros sustratos como fibra de coco y arena y las diferentes mezclas utilizadas en cada experimento. Además en nuestro experimento se encontró que el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo una tendencia a incrementar el número de tallos en las seis fechas de evaluación en comparación con el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 14) lo cual es similar a lo reportado por Demirsoy *et al.* (2012) quienes encontraron que fresa cultivada en un sistema orgánico tuvo un número de tallos similar al sistema convencional. Entre variedades no mostraron diferencias significativas en las seis evaluaciones realizadas ($P>0.9800$; $P>0.4377$; $P>0.1764$; $P>0.3585$; $P>0.4535$; $P>0.1546$, respectivamente) (Cuadro 14). Sin embargo, existe una tendencia de un mayor número de tallos en el cultivar Zamorana en las seis fechas de evaluación en comparación con los cultivares Jacona y Festival y esto se debe a que el número de tallos y el diámetro son factores muy importantes en la producción de fruto (Lieten, 1994; Lieten, 1997), por lo que el cultivar Zamorana pudo haber tenido un mayor rendimiento (Cuadro 7) debido a que esta tuvo un mayor número de tallos ya que a partir de este órgano es donde emergen las inflorescencias (Darnell *et al.*, 2003)

Cuadro 14. Número de tallos (NC) de tres variedades de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Número de Tallos					
		119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.67 a ^x	1.83 ab	3.39 a	3.29 a	3.12 a	3.93 ab
	Metam Sodio	1.39 a	1.94 a	3.39 a	3.76 a	3.39 a	4.03 ab
	Solarización	1.56 a	1.28 b	3.56 a	2.83 a	3.76 a	3.55 ab
	Micorriza	1.17 a	1.33 b	3.06 a	3.11 a	2.76 a	4.20 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.44 a	1.44 ab	3.44 a	3.38 a	3.41 a	3.31 b

Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.38 a	1.53 a	2.87 b	3.36 a	3.20 a	3.65 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.56 a	1.60 a	3.87 a	3.18 a	3.38 a	3.97 a
Variedad (V)	Jacona	1.48 a	1.60 a	3.63 a	3.45 a	3.55 a	3.47 a
	Festival	1.43 a	1.43 a	2.97 a	2.79 a	3.11 a	3.82 a
	Zamorana	1.48 a	1.67 a	3.50 a	3.55 a	3.21 a	4.14 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	s	ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns	s	ns	ns
V x MD x S		s	s	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.7.3. Índice de Verdor (Unidades SPAD)

No fue significativo el efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato a los 347 DDT ($P>0.0573$) en el índice de verdor (US), mientras que a los 113, 159, 224, 295 y 404 DDT la interacción si fue altamente significativa ($P<0.0004$; $P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0002$; $P<0.0001$). A los 113 DDT, el cultivar Jacona plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el mayor US (40.21), mientras que el cultivar Zamorana plantado en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor US (31.04). En la segunda evaluación (159 DDT), nuevamente el cultivar Jacona plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el mayor US (44.91), mientras que el cultivar Festival plantado en el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo) tuvo el menor US (31.73). Para los 224 DDT, el cultivar Zamorana plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y desinfectado con el método físico (solarización) tuvo el mayor índice de verdor (US) (51.08), sin embargo, el cultivar Zamorana plantado en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo) tuvo el menor US (33.09). En la cuarta evaluación (295 DDT) el cultivar Festival plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y desinfectado por el método físico (solarización) tuvo el mayor índice de verdor (US) (52.68), mientras que el cultivar Jacona plantado en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor US (39.07). En la última fecha de evaluación (404 DDT), el cultivar Jacona plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado por el método físico (solarización)

tuvo el mayor índice de verdor (US) (53.30), mientras que el cultivar Zamorana creciendo en composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo el menor US (41.19).

La interacción variedad x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 159 (P>0.8681), 224 (P>0.2065), 295 (P>0.0611) y 404 DDT (P>0.8795), mientras que a los 113 y 347 DDT la interacción fue altamente significativa (P<0.0001; P<0.0001). A los 113 DDT, el cultivar Zamorana plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) tuvo el mayor índice de verdor (US) (39.30); sin embargo, el US se vio afectado cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (36.43). Para los 404 DDT, nuevamente el cultivar Zamorana plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) mejoró el índice de verdor (US) (53.80), mientras que el US disminuyó cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (47.24).

La interacción de los factores método de desinfección x sustrato fue altamente significativa en las seis fechas de evaluación (P<0.0061; P<0.0012; P<0.0001; P<0.0001; P<0.0001; P<0.0002). A los 113 DDT, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y no desinfectado (testigo) mejoró significativamente el US (39.19) y fue diferente del sustrato de composta peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con *Bacillus subtilis* (33.62). El sustrato de peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo) mejoró significativamente US a los 154 (43) 224 (49.66) y 347 DDT (54.0) siendo diferente del sustrato de composta, peat moss y agrolita inoculado con *Bacillus subtilis* (35.28; 37.32; 45.11). Para los 295 DDT, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y desinfectado por el método físico (solarización) mejoró significativamente el US (51.61) en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo) el cual tuvo el menor valor (41.18). En la última fecha de evaluación (404 DDT), el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con micorrizas mejoró significativamente el US (48.31) en comparación con el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con *Bacillus subtilis*, el cual tuvo el menor valor (43.90).

La interacción variedad x método de desinfección no fue estadísticamente significativa a los 295 (P>0.0886) y 347 DDT (P>0.1121), sin embargo, a los 113, 159, 224 y 404 DDT la interacción si fue significativa (P<0.0284; P<0.0001; P<0.0001; P<0.0001). El cultivar Festival plantado en sustratos no desinfectados (testigo) mejoró significativamente el US (38.49) en comparación con el cultivar Zamorana en sustratos desinfectados con el método físico (solarización) donde tuvo el menor valor de US (34.86) a los 113 DDT. A los 159 DDT, el cultivar Zamorana en sustratos desinfectados por el método químico (metam sodio) mejoró el US (41.74) en comparación con el cultivar Zamorana en sustratos inoculados con *Bacillus subtilis* el cual tuvo el menor US

(37.50). Por otra parte, el cultivar Festival plantado en sustratos desinfectados por el método químico (metam sodio) mejoró significativamente el US (46.74) en comparación con el cultivar Jacona plantado en sustratos inoculados con micorrizas el cual tuvo el menor US (40.53) a los 224 DDT. En la última fecha de evaluación (404 DDT), el US de verdor fue mejor en el cultivar Jacona (49.54) plantado en sustratos desinfectados por el método físico (solarización) en comparación con el cultivar Zamorana plantada en sustratos desinfectados con el método químico (metam sodio) donde tuvo el menor US (43.85).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes a los 113 ($P > 0.1816$) y 159 DDT ($P > 0.4362$); mientras que a los 224, 295, 347 y 404 DDT si hubo diferencias significativas ($P < 0.0001$; $P < 0.0066$; $P < 0.0030$; $P < 0.0001$), donde a los 224 DDT, el método de desinfección químico (metam sodio) tuvo un efecto significativo en el US siendo diferente del testigo (no desinfección), micorrizas, *Bacillus subtilis* y método físico (solarización). A los 295 DDT, el método químico (metam sodio) y testigo (no desinfección) tuvieron un efecto significativo en el US siendo estadísticamente similar del método físico (solarización) y de micorrizas y, diferentes con respecto a *Bacillus subtilis*. Ya a los 347 DDT, nuevamente el método químico (metam sodio) tuvo un efecto significativo en el US, siendo estadísticamente diferente del testigo (no desinfección), *Bacillus subtilis*, método físico (solarización) y similar micorrizas. Sin embargo, a los 404 DDT, el método físico (solarización) mejoró significativamente el US siendo estadísticamente diferente del testigo (no desinfección), *Bacillus subtilis* y método químico (metam sodio) y similar con las micorrizas (Cuadro 15).

Entre sustratos hubo diferencias altamente significativas en las seis fechas de evaluación ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$), donde el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente el US siendo diferente del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual disminuyó el US (Cuadro 15). Ameri y Tehranifar (2012) encontraron que al aplicar 20 ppm de ácido húmico a través del riego el índice de verdor se incrementa en comparación cuando esta misma concentración se aplicó vía foliar el cual tuvo menos índice de verdor. Sin embargo, en nuestro experimento se puede observar que al utilizar composta como sustrato el índice de verdor disminuye significativamente en las seis fechas en comparación cuando se utiliza peat moss y agrolita como sustrato. Sin embargo, Salame y Santos (2012) encontraron en el cultivar Festival que al utilizar perlita como sustrato tuvo un efecto significativo en el índice de verdor al incrementarlo en las tres fechas de evaluación en comparación cuando se utilizaron diferentes sustratos como fibra de coco, corteza de pino y mezcla de sustratos (65 % peat moss+35

% perlita y vermiculita), los cuales fueron estadísticamente diferente de la perlita. De acuerdo al estudio anterior, es similar a lo encontrado en nuestro estudio ya que el uso de peat moss y agrolita mejoró significativamente el índice de verdor en las seis fechas de evaluación (Cuadro 15).

Entre variedades no hubo diferencias significativas a los 224 ($P>0.0573$) y 295 DDT ($P>0.0507$); mientras que a los 113, 159, 347 y 404 DDT si hubo diferencias ($P<0.0007$; $P<0.0217$; $P<0.0001$; $P<0.0001$), donde a los 113 y 347 DDT el cultivar Festival mejoró significativamente el US siendo estadísticamente diferentes de los cultivares Jacona y Zamorana. A los 159 DDT, el cultivar Zamorana tuvo un efecto significativo en el US, siendo diferente del cultivar Festival; sin embargo, a los 404 DDT el cultivar Jacona tuvo el mayor US y este fue diferente de los cultivares Festival y Zamorana (Cuadro 15).

Juárez *et al.* (2007) encontraron que las lecturas SPAD en fresa en el cultivar Chandler disminuyen conforme el cultivo pasa del crecimiento vegetativo a floración y fructificación; sin embargo, en el presente estudio se encontró que durante la etapa de floración, fructificación y maduración del fruto (224, 295 y 347 DDT) el índice de verdor (lecturas SPAD) se incrementa habiendo una disminución hasta los 405 DDT (fin de cosecha). También se ha reportado que hay una alta correlación entre el contenido de N y el índice de verdor, donde a mayor índice de verdor mayor contenido de N (Güler *et al.*, 2006). Sin embargo, en nuestro estudio no se ve un efecto similar debido probablemente a que se tomó en cuenta todas las hojas para determinar N, mientras que para unidades SPAD se tomaron en cuenta únicamente tres hojas. Choi y Latigui (2008) reportaron que al incrementar la concentración de Mg en la solución nutritiva (2.8 meq L⁻¹) el índice de verdor aumenta en fresa en los cultivares Maehyang, Keumhyang y Seolhyang en comparación cuando se aplicaron 0.4, 0.7 y 1.4 meq L⁻¹.

Cuadro 15. Índice de Verdor de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Índice de Verdor (Unidades SPAD)					
		113	159	224	295	347	404
Método de Desinfección (MD)	Testigo	37.35 a ^x	39.62 a	43.47 b	47.72 a	49.62 b	45.68 b
	Metam Sodio	36.93 a	39.80 a	44.98 a	47.93 a	51.13 a	46.14 b
	Solarización	36.35 a	39.26 a	42.72 b	46.54ab	49.80 b	47.40 a
	Micorriza	38.19 a	39.68 a	43.17 b	46.72ab	49.88 ab	46.49 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	36.41 a	39.02 a	42.49 b	45.47 b	49.63 b	45.57 b

Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	38.78 a	42.31 a	48.31 a	50.44 a	53.36 a	47.85 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	34.87 b	36.63 b	38.41 b	43.48 b	46.60 b	44.66 b
Variedad (V)	Jacona	36.65 b	39.34 ab	42.99 a	46.31 a	49.87 b	47.02 a
	Festival	37.60 a	39.05 b	43.91 a	47.21 a	51.30 a	46.19 ab
	Zamorana	36.57 b	40.04 a	43.21 a	47.17 a	49.04 b	45.56 b
V x MD		s	s	s	ns	ns	s
V x S		s	ns	ns	ns	s	ns
MD x S		s	S	s	s	s	s
V x MD x S		s	s	s	s	ns	s

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.7.4. Área Foliar

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa en la variable Área Foliar (AF) ($P>0.6597$). Tampoco se encontró significancia estadística en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.2619$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.2854$). Sin embargo, la interacción variedad x sustrato sí tuvo efecto significativo ($P=0.0363$), en el cual, el cultivar Festival plantado en el sustrato de peat moss y agrolita tuvo una mayor AF; mientras que la menor AF se encontró cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). En general, se observa que el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) mejora el AF en los tres cultivares (Figura 37).

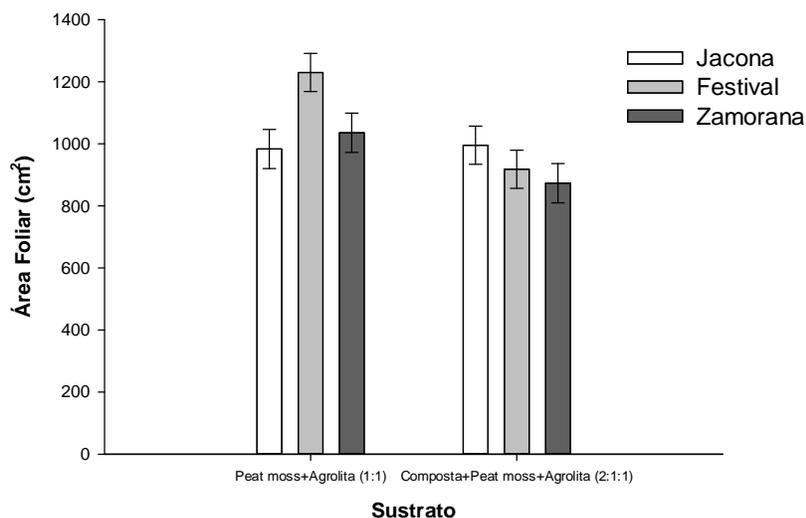


Figura 37. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre el área foliar (AF) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Los niveles del factor método de desinfección si mostraron significancia estadística ($P=0.0081$), donde, el uso de micorriza tuvo una AF estadísticamente mayor respecto de *Bacillus subtilis* (Cuadro 16). Lo anterior es similar a lo reportado por Castellanos-Morales *et al.* (2012) quienes al inocular micorrizas (*Glomus intraradices*) en fresa encontraron que el área foliar se incrementó significativamente comparado cuando no se inocularon concluyendo los autores que se pudo haber debido a que la micorriza mejoró el crecimiento vegetativo de la planta.

Por otra parte, los niveles del factor sustrato si fueron estadísticamente diferentes ($P=0.0031$), donde el AF fue mayor cuando se utilizó el sustrato de peat moss y agrolita en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde el AF fue menor (Cuadro 16). Ebrahimi *et al.* (2012) reportaron que la adición de agrolita en las diferentes mezclas con otros sustratos mejoró el área foliar en fresa, mientras que por su parte Tehranifar *et al.* (2007) demostraron que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incremento significativamente en el área foliar comparado con arena y fibra de coco. Por otra parte, autores como Arancon *et al.* (2004), Singh *et al.* (2008) y Singh *et al.* (2010) han demostrado que la utilización de vermicomposta en fresa incrementa el área foliar comparación cuando no se aplica mencionando que el incremento se puede deber a que sustratos orgánicos como la composta y vermicomposta incrementan la biomasa microbiana y producen reguladores de crecimiento por acción de los microorganismos (Atiyeh *et al.*, 2002). Sin embargo, en nuestro estudio no se encontró el mismo efecto, tal vez por la época de muestreo (405 DDT), ya que los diferentes autores realizaron el muestreo a los 110 y 150 DDT (Arancon *et al.*, 2004), 90, 135 y 180 DDT (Singh *et al.*, 2008), 100 y 165 DDT (Singh *et al.*, 2010) y 60 DDT (Shehata *et al.*, 2011). Sin embargo, entre variedades no se encontraron diferencias significativas en la fecha de evaluación ($P>0.2423$) (Cuadro 16).

El ambiente tiene gran influencia sobre el desarrollo del AF. Así, se ha reportado que ésta depende de la temperatura, ya que se ha observado que el área foliar es mayor a regímenes de temperatura de 30/25°C en comparación con el régimen 20/15°C (Kadir *et al.*, 2006).

4.7.5. Altura de Planta

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa sobre variable altura de planta (AP) ($P>0.2223$). Tampoco se encontró significancia estadística en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.3221$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.4838$). Sin embargo, la interacción variedad x sustrato si fue estadísticamente significativa ($P=0.0300$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo plantas más altas (22.27 cm) cuando se plantaron en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1), mientras que la misma variedad tuvo la menor AP cuando se plantó en sustrato de composta, peat moss y agrolita (19.95 cm) (Figura 38).

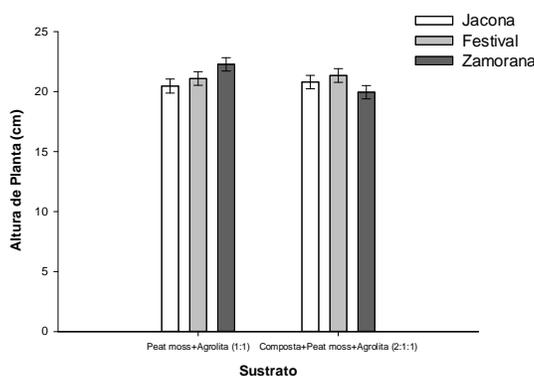


Figura 38. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre la altura de Planta (AP) de tres cultivares de fresa crecidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=5$).

No hubo diferencias estadísticas entre variedades ($P>0.6117$). Tampoco se encontraron diferencias en los niveles de método de desinfección ($P>0.6577$) y sustrato ($P>0.2148$) (Cuadro 16). Sin embargo, Shehata *et al.* (2011) reportaron que la adición de composta (100 %) al suelo tuvo un buen efecto en la altura de la planta en el segundo año de evaluación comparado cuando se aplica la mitad de composta (50 %).

Cuadro 16. Componentes de crecimiento de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de Tallo (cm)	Longitud de Raíz (cm)	Área foliar (cm ²)
Método de Desinfección (MD)	Testigo	20.37 a ^x	26.97 ab	2.01 a	40.60 a	962.12 ab

	Metam Sodio	21.20 a	25.87 ab	1.94 a	39.34 a	1067.12 ab
	Solarización	21.22 a	23.79 ab	1.99 a	39.23 a	985.39 ab
	Micorriza	21.34 a	28.23 a	1.97 a	38.19 a	1152.38 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	20.73 a	21.97 b	2.00 a	36.19 a	872.32 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	21.28 a	25.95 a	1.96 a	43.42 a	1087.39 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	20.68 a	24.88 a	2.01 a	34.00 b	933.70 b
Variedad (V)	Jacona	20.57 a	26.33 a	1.95 a	39.67 a	990.22 a
	Festival	21.24 a	24.17 a	1.98 a	36.54 b	1073.80 a
	Zamorana	21.11 a	25.70 a	2.01 a	39.99 a	963.80 a
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns
V x S		s	s	ns	s	s
MD x S		ns	ns	ns	s	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.7.6. Número de Hojas

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.6618$). Los análisis estadísticos no mostraron significancia estadística en la interacción método de desinfección x sustrato ($P>0.0834$), ni tampoco en la interacción variedad x método de desinfección ($P>0.2888$). Sin embargo, la interacción variedad x sustrato si mostró ser estadísticamente significativa ($P=0.0036$), en la cual el número de hojas fue mayor (27.48) cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el número de hojas fue menor (20.76) cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 39).

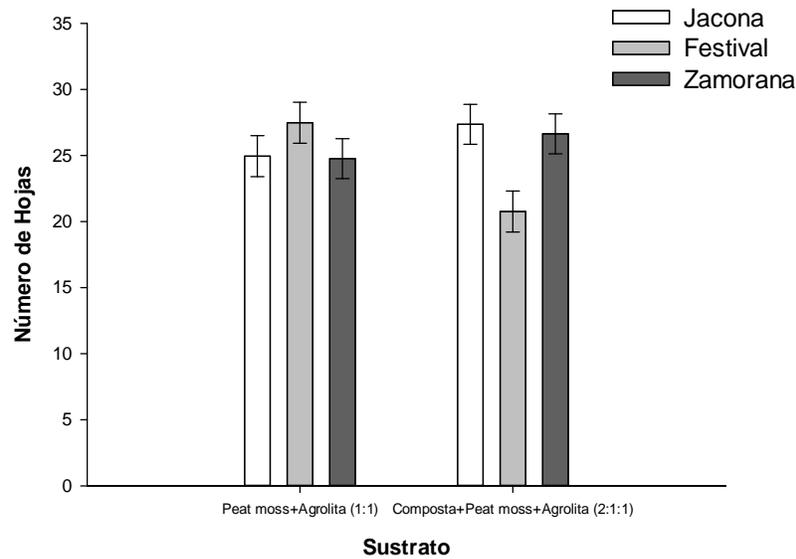


Figura 39. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre el número de hojas (NH) de tres cultivares de fresa producidos en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

Los niveles del factor método de desinfección si tuvieron diferencias significativas sobre el NH ($P < 0.0141$), en el cual, las micorrizas tuvieron un número de hojas estadísticamente mayor en comparación con *Bacillus subtilis* (Cuadro 16), lo cual no concuerda a los reportado por Cekic y Yilmaz (2011) quienes no encontraron diferencias en el número de hojas al inocular *G. clarum* y *G. caledonium* con respecto al testigo en fresa en los cultivares Camarosa y Maraline. Posiblemente esta diferencia entre los autores y nuestro estudio, se pudo haber debido a la micorriza utilizada ya que en el experimento se utilizó *Glomus mussea* y Cekic y Yilmaz (2011) utilizaron *Glomus clarum* y *Glomus caledonium*.

En los niveles del factor variedad no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.5299$).

Por otra parte, los niveles del factor sustrato tampoco mostraron diferencias significativas ($P > 0.4642$) (Cuadro 16). Sin embargo, Abu-Zahra y Tahboub (2008) demostraron que el número de hojas en fresa fue significativamente mayor cuando se utilizó un sistema convencional (uso de fertilizantes y pesticidas) en comparación con el testigo y diferentes tipos de composta (ave de corral, borrego y vacuno). Además, estos autores encontraron en el cultivar Camarosa 27.25 hojas/planta cuando utilizaron abono

de borrego en fresa similar a lo encontrado en el presente estudio. Shehata *et al.* (2011) no encontraron diferencias significativas en el número de hojas en fresa entre composta y ácidos húmicos y tampoco entre las diferentes mezclas realizadas en dos años de evaluación.

Por otra parte, también se ha encontrado que al utilizar peat moss y agrolita como sustratos, el número de hojas en fresa se incrementa (Tehranifar *et al.*, 2007; Ebrahimi *et al.*, 2012). Bartczak *et al.* (2007) mencionan que el número de hojas en fresa depende del tipo de sustrato aplicado, sin embargo estos autores no encontraron diferencias entre sustratos sobre el número de hojas.

4.7.7. Diámetro de Tallo

Para la variable diámetro de tallo no se detectaron diferencias significativas en los niveles de los factores variedad ($P > 0.5437$), método de desinfección ($P > 0.7333$) y sustrato ($P > 0.1795$) (Cuadro 16). Tampoco se encontró efecto significativo en las interacciones método de desinfección x sustrato ($P > 0.2859$), variedad x sustrato ($P > 0.0811$), variedad x método de desinfección ($P > 0.1721$) ni en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P > 0.6119$).

Bartczak *et al.* (2007) encontraron que el diámetro de la tallo fue menor cuando se utilizó peat moss en el sustrato comparado con el sustrato rockwool. Por otra parte, autores como Kramer y Schultze (1985), Paszko (1998), Pérez de Camacaro *et al.* (2004) mencionan que el diámetro de tallo es un buen indicador del crecimiento y del rendimiento en fresa. De acuerdo con estos autores, se puede observar en nuestro experimento que plantas cultivadas en el sustrato de composta, peat moss y agrolita tuvieron un mayor diámetro de tallo relacionándose con un mayor número de tallos (Cuadro 7) y rendimiento (Cuadro 14) ya que Bartczak *et al.* (2007) y Demirsoy *et al.* (2012) mencionan que plantas de fresa con un mayor diámetro de tallo tienden a tener más yemas florales que aquellas con un tamaño inferior.

4.7.8. Longitud de Raíz

En la longitud de raíz no hubo diferencias significativas en los niveles del factor método de desinfección ($P > 0.1043$) (Cuadro 16). Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas en los niveles del factor variedad ($P = 0.0460$), donde el cultivar Zamorana y Jacona fueron los cultivares con una raíz más larga siendo estadísticamente diferentes del cultivar Festival (Cuadro 16).

Por otra parte, los niveles del factor sustrato si mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), en el cual, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente la longitud de la raíz respecto del sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 16). Lo anterior es similar a lo reportado por Ebrahimi *et al.* (2012) quienes al adicionar agrolita y fibra de coco, la longitud de raíz fue significativamente mayor en comparación cuando se utilizaba arena y agrolita. Los autores mencionan que la adición de agrolita al sustrato hace que la raíz tenga una mejor movilidad (Djedidi *et al.*, 1999). También se observa que la longitud de raíz tiene una alta relación con el peso seco de raíz (Cuadro 3) donde con una mayor longitud de raíz se obtiene un mayor peso seco de este órgano.

No fue significativa la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P > 0.1101$). Tampoco la interacción variedad x método de desinfección fue significativa ($P > 0.2176$). Sin embargo, si hubo significancia estadística en la interacción del factor variedad x sustrato ($P < 0.0009$), en la cual, la mayor longitud de raíz (45.11 cm) se encontró cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde la longitud de raíz fue menor (29.59 cm) (Figura 40). En la interacción método de desinfección x sustrato ($P < 0.0020$), se nota que la mayor longitud de raíz (47.92 cm) se obtuvo cuando el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) se desinfectó con el método físico (solarización), en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado con el método físico (solarización) donde la longitud de raíz fue menor (30.54 cm) (Figura 41).

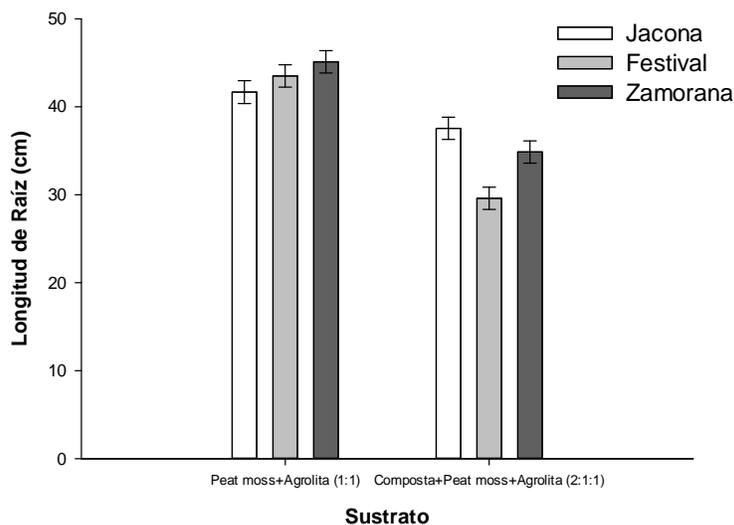


Figura 40. Efecto de la interacción variedad x sustrato sobre la longitud de raíz (LR) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

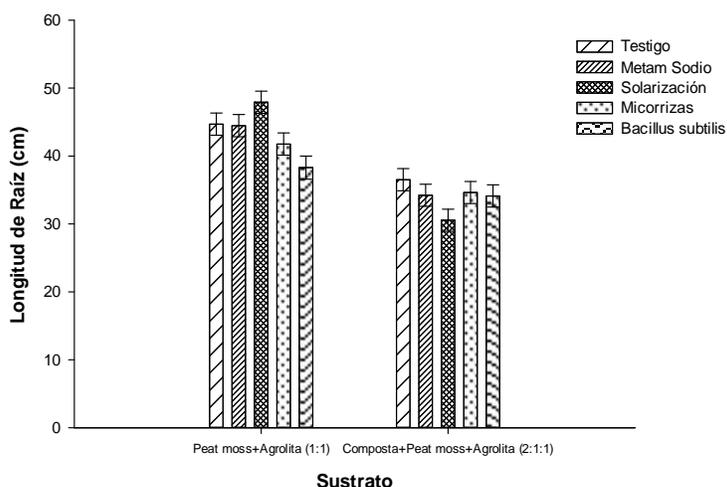


Figura 41. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato sobre la longitud de raíz (LR) de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=5).

4.8. Concentración Mineral por Órgano

4.8.1. Hoja

4.8.1.1. Nitrógeno

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las seis fechas de evaluación de la concentración de Nitrógeno (N) en hoja ($P > 0.4154$; $P > 0.4736$; $P > 0.5693$; $P > 0.6604$; $P > 0.8278$; $P > 0.9829$, respectivamente).

La interacción de los factores variedad x método de desinfección no mostró significancia estadística a los 119 ($P > 0.1877$), 173 ($P > 0.2787$), 301 ($P > 0.8710$), 351 ($P > 0.0634$) y 405 DDT ($P > 0.7758$); mientras que a los 251 DDT la interacción si fue significativa ($P < 0.0015$). A los 251 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de N en hoja (2.43 %) cuando se utilizó el método físico (solarización) y cuando no fueron desinfectados (testigo), sin embargo, la menor concentración de N (1.50 %) fue cuando se utilizó el método químico (metam sodio) en el cultivar Jacona. También se encontró

que el uso de *Bacillus subtilis* en los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) incrementa el contenido de N en la hoja (Figura 42).

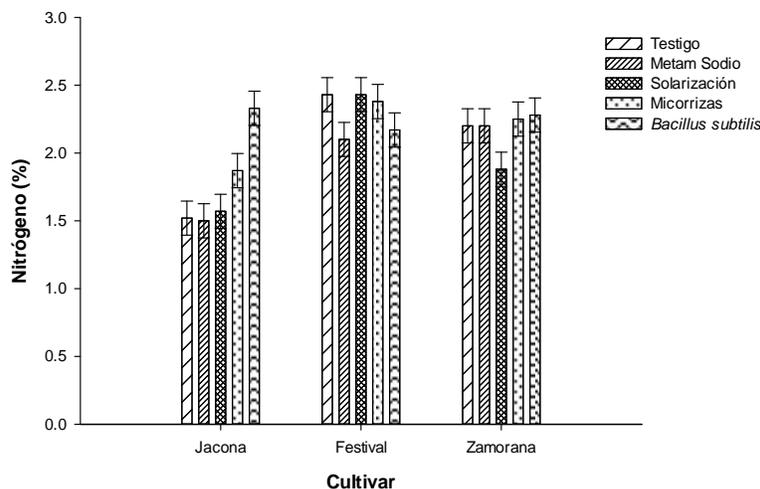


Figura 42. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos de desinfección bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 251 DDT (4 de Noviembre de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En lo que respecta a la interacción variedad x sustrato, esta no fue estadísticamente significativa a los 173 ($P > 0.1713$), 251 ($P > 0.7545$), 301 ($P > 0.5023$), 351 ($P > 0.4958$) y 405 DDT ($P > 0.5253$), mientras que a los 119 DDT si hubo efecto significativo ($P = 0.0153$). A los 119 DDT, la mayor concentración de N (2.80 %) en hoja fue mayor cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1); sin embargo, el mismo cultivar tuvo el menor valor (2.18%) cuando se plantó en el sustrato peat moss y agrolita (1:1) (Figura 43). Se observa en la Figura 43 que los tres cultivares se comportaron de manera similar cuando se plantaron en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1).

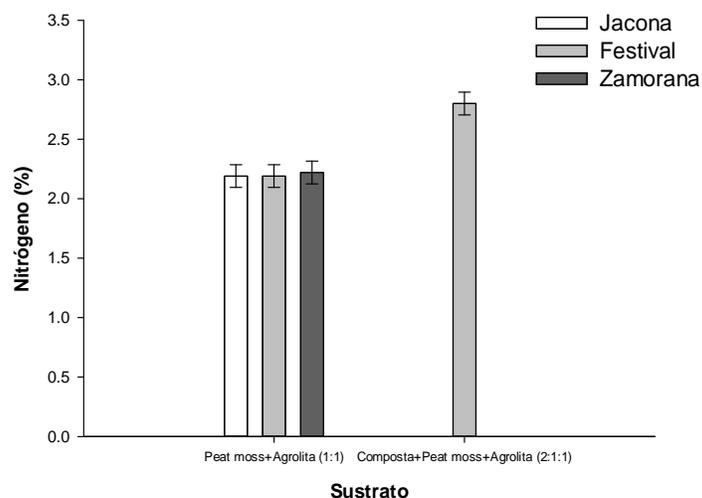


Figura 43. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

La interacción de los factores método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística sobre el contenido de N en hoja a los 173 ($P > 0.2977$), 251 ($P > 0.6282$), 301 ($P > 0.3609$), 351 ($P > 0.8220$) y 405 DDT ($P > 0.6306$); pero si a los 119 DDT ($P = 0.0152$). Se observa que la concentración de N en hoja fue mayor (2.66 %) cuando el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no fue desinfectado (testigo); sin embargo, la menor concentración de N en hoja (1.89 %) fue cuando el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) fue desinfectado con el método físico (solarización). Además, se encontró que el método físico también tuvo un buen efecto en la concentración de N cuando se aplicó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 44).

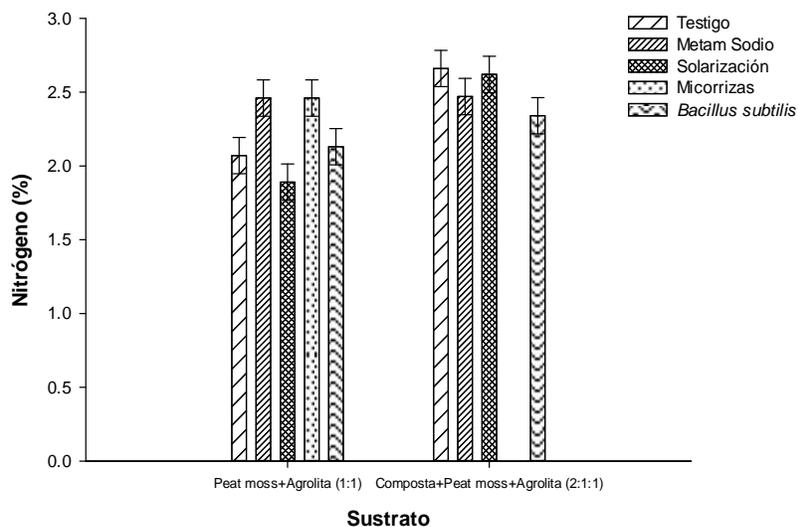


Figura 44. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No hubo diferencias significativas entre los dos tipos de sustrato a los 301 ($P > 0.1430$), 351 ($P > 0.2873$) y 405 DDT ($P > 0.1110$); sin embargo, si hubo significancia a los 119 ($P = 0.0006$), 173 ($P = 0.0001$) y 251 DDT ($P = 0.0009$). En estas tres últimas fechas, el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente la concentración de N en la hoja en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 17). Lo anterior concuerda con varios estudios donde se ha observado que la adición o el uso de compostas en fresa incrementa significativamente la concentración de N en hoja así como otros derivados como la vermicomposta (Singh *et al.*, 2010; Balci *et al.*, 2014). Sin embargo, otros reportes mencionan que el contenido de N no es afectado cuando las plantas de fresa son tratadas con composta en comparación con aquellas que fueron fertilizadas químicamente (Diver *et al.*, 2002; Scheuerell *et al.*, 2002; Arancon *et al.*, 2004; Preudch *et al.*, 2004; Hargreaves *et al.* 2009a; Alvarado *et al.*, 2014). Además en nuestro estudio se observa una tendencia de un incremento en la concentración de N cuando se utiliza composta como sustrato pudiéndose deber a una mayor disponibilidad de N en este sustrato en comparación con el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) ya que Grünzweig *et al.* (1999) mencionan que un incremento en la concentración de N en el suelo es seguido por un incremento de N en las hojas.

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias a los 119 ($P>0.2588$), 301 ($P>0.3379$), 351 ($P>0.3581$) y 405 DDT ($P>0.9637$), mientras que a los 173 y 251 DDT si hubo significancia ($P=0.0092$; $P>0.0112$, respectivamente). A los 173 DDT el uso de micorriza tuvo una concentración de N en hoja estadísticamente mayor respecto del testigo (no desinfección) y método químico (metam sodio). Mientras que a los 251 DDT, N en hoja fue mayor cuando se utilizó *Bacillus subtilis*, en comparación con el método químico (metam sodio) y físico (solarización) los cuales tuvieron las concentraciones más bajas de N en hoja (Cuadro 17). Sin embargo Trend *et al.* (1989) no encontraron diferencias en la concentración de N en hoja de trigo cuando al suelo se aplicó método químico y el testigo (no fumigación), sin embargo en nuestro estudio a los 173 y 251 DDT las concentraciones más bajas se encontraron cuando se utilizó método químico (metam sodio) y esto se pudo haber debido a que el método químico provocó una clorosis en las hojas comparado con el testigo (Trend *et al.*, 1989).

Por su parte, Gunes *et al.* (2009) encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en el contenedor, el contenido de N en hoja de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular lo cual coincide en nuestros resultados en las seis fechas de evaluación donde al utilizar *Bacillus subtilis* la concentración de N fue superior comparado con el método químico, físico y el testigo..

En lo que respecta a variedades no hubo diferencias significativas en el contenido de N a los 119 ($P>0.0763$), 173 ($P>0.5168$), 301 ($P>0.0620$), 351 ($P>0.1063$) y 405 DDT ($P>0.5393$); mientras que a los 251 DDT si hubo diferencias altamente significativas ($P=0.0001$), donde el cultivar Festival y Zamorana fueron estadísticamente iguales entre ellas pero diferentes del cultivar Jacona.

May y Pritts (1990) mencionan que el rango óptimo de N en la hoja de fresa varía de 2.0 a 2.8 % en fresa. Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores óptimos de acuerdo a May *et al.* (1990) a los 119, 251, 301 y 351 DDT, mientras que valores deficientes se encontraron a los 173 y 405 DDT (Cuadro 17). Daugaard (2001) menciona que el contenido de N disminuye cuando la edad de la planta incrementa y esto se observa en nuestro trabajo a los 405 DDT, en el cual, se tiene la concentración más baja de N en hoja en los tres factores principales. También se ha mencionado que una disminución en el contenido de N se refleja en bajos rendimientos (Nestby, 1998; Preusch *et al.*, 2004).

En nuestro estudio se encontró una mayor concentración foliar de N en la época de fructificación, (251 a 405 ddt) lo cual no concuerda con Daugaard (2001), Lieten y Misotten (1993), Erson y Demirsoy (2006) y Demirsoy *et al.* (2010) quienes han reportado una disminución de N en hoja en el periodo de fructificación y cosecha debido a que el N se mueve de las hojas al fruto. Sin embargo, May *et al.* (1994) mencionan

que una disminución de nutrientes en el follaje puede indicar un incremento en la demanda de un nutriente en particular siempre y cuando el crecimiento sea rápido, por lo que en nuestro caso pudo haber sido que la hoja demandará mayor N en esta etapa fenológica de la planta. También otro de los factores que pudo afectar el contenido de N se debe al incremento en el tamaño de tallo y área foliar (Demirsoy *et al.*, 2010). Se ha explicado también que un incremento en la concentración de N en hoja durante la primavera, se debe principalmente a un aumento gradual en temperatura, seguido por un incremento en la mineralización y además las plantas de fresa usan el N de reserva del suelo (Daugaard, 2001).

Cuadro 17. Concentración de nitrógeno (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidos en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Nitrógeno (%)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	2.36 a ^x	1.80 b	2.05 ab	2.49 a	2.59 a	1.63 a
	Metam Sodio	2.46 a	1.82 b	1.93 b	2.34 a	2.56 a	1.59 a
	Solarización	2.26 a	1.97 ab	1.96 b	2.22 a	2.62 a	1.62 a
	Micorriza	2.53 a	2.17 a	2.17 ab	2.35 a	2.45 a	1.62 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	2.24 a	2.03 ab	2.26 a	2.34 a	2.45 a	1.58 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	2.20 b	1.70 b	1.96 b	2.30 a	2.58 a	1.57 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	2.54 a	2.21 a	2.19 a	2.39 a	2.49 a	1.65 a
Variedad (V)	Jacona	2.34 a	1.90 a	1.76 b	2.36 a	2.43 a	1.64 a
	Festival	2.49 a	2.01 a	2.30 a	2.20 a	2.56 a	1.60 a
	Zamorana	2.23 a	1.97 a	2.16 a	2.49 a	2.61 a	1.60 a
V x MD		ns	ns	s	ns	ns	ns
V x S		s	ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		s	ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns

^xValores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.2. Potasio

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato a los 119 ($P>0.7925$), 173 ($P>0.0635$), 301 ($P>0.0934$) y 405 DDT ($P>0.1090$), mientras que a los 351 DDT la interacción si mostró ser estadísticamente significativa ($P=0.0207$). A los 351 DDT la concentración de K en hoja fue mayor (4.61 %) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*, mientras que la menor concentración de K (3.37 %) se encontró cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*.

La interacción de los factores variedad x método de desinfección no mostró significancia estadística a los 119 ($P>0.6952$) y 173 DDT ($P>0.1130$); sin embargo, la interacción mostró ser altamente significativa a los 301 ($P=0.0001$), 351 ($P=0.0001$) y 405 DDT ($P=0.0001$). A los 301 DDT el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de K (2.86 %) cuando se utilizó micorrizas, mientras que el cultivar Zamorana tuvo la menor concentración de K (2.32 %) cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (Figura 45a). En la quinta evaluación (351 DDT), la concentración de K en hoja fue mayor (4.60 %) cuando el cultivar Zamorana se inoculó *Bacillus subtilis*, sin embargo la menor concentración de K (3.41 %) se observó cuando en el cultivar Jacona no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (Figura 45b). En la última fecha de evaluación (405 DDT), la concentración de K fue mayor (2.87 %) cuando se inoculó micorrizas en el cultivar Zamorana, mientras que el mismo cultivar tuvo la menor concentración de K (1.62 %) cuando se utilizó *Bacillus subtilis* (Figura 45c).

La interacción variedad x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 119 ($P>0.5755$), 173 ($P>0.8727$), 301 ($P>0.1870$) y 405 DDT ($P>0.0672$); sin embargo a los 351 DDT la interacción mostró ser altamente significativa ($P=0.0001$), donde la concentración de K en hoja fue mayor (4.41 %) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1), mientras que la menor concentración de K (3.64 %) se observó cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 46).

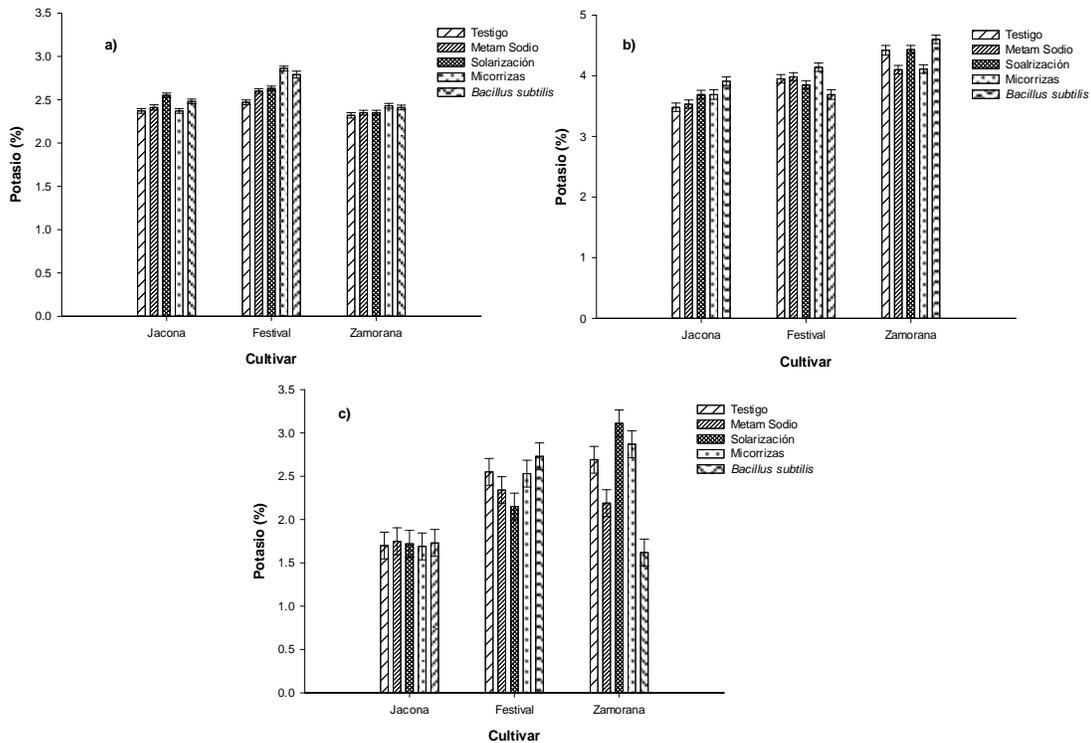


Figura 45. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 301 (26 de Diciembre de 2014), b) 351 (13 de Febrero de 2014) y 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No fue significativo el efecto de la interacción método de desinfección x sustrato a los 119 ($P > 0.3394$), 173 ($P > 0.0545$) y 301 DDT ($P > 0.2887$), sin embargo, a los 351 y 405 DDT la interacción demostró ser significativa ($P < 0.0010$; $P < 0.0034$, respectivamente). A los 351 DDT la concentración de K en hoja fue mayor (4.07 %) cuando el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado por el método físico (solarización), mientras que el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectado por el método químico (metam sodio) tuvo la menor concentración de K (3.78 %) (Figura 47a). Sin embargo, a los 405 DDT la concentración de K fue mayor (2.67 %) cuando el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado por el método físico (solarización), mientras que la concentración de K fue menor (1.98 %) cuando el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) fue desinfectado por el método físico (solarización) (Figura 47b).

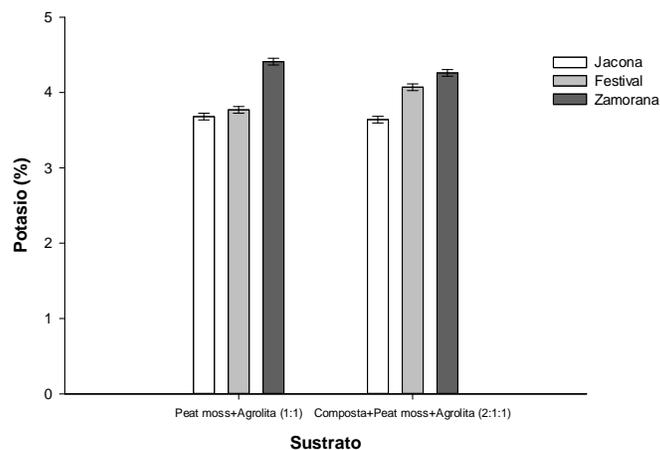


Figura 46. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 351 DDT (13 de Febrero de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

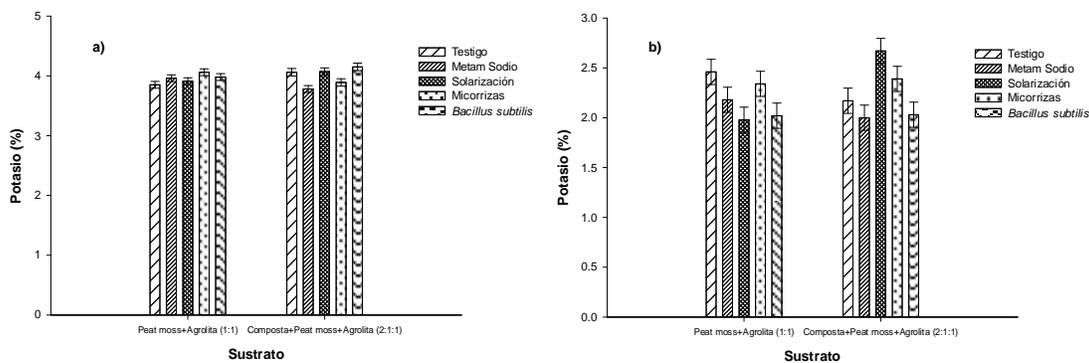


Figura 47. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 351 DDT (13 de Febrero de 2014) y 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No se encontraron diferencias significativas en los niveles del factor método de desinfección a los 119 ($P > 0.1126$) y 173 DDT ($P > 0.0517$), sin embargo a los 301, 351 y 405 DDT si se encontró significancia estadística ($P_{r0.0001}$; $P_{r0.0309}$; $P_{r0.0273}$,

respectivamente). A los 301 DDT micorrizas y *Bacillus subtilis* tuvieron una concentración de K en hoja estadísticamente mayor en comparación con el testigo (no desinfección) y método químico (metam sodio) (Cuadro 18). En la quinta evaluación (351 DDT) *Bacillus subtilis* tuvo una concentración foliar de K estadísticamente superior respecto del método químico (metam sodio) (Cuadro 18). A los 405 DDT las micorrizas tuvieron un contenido de K en hoja estadísticamente superior comparado con *Bacillus subtilis* (Cuadro 18). Por su parte, Trend *et al.* (1989) no encontraron diferencias en la concentración de K en hoja de trigo entre suelo fumigado con método químico y el testigo (no desinfección) lo cual coincide en nuestro estudio donde el método químico (metam sodio) no fue diferente del testigo en las seis fechas de evaluación. Por otra parte, Grünzweig *et al.* (1999) reportaron que al utilizar solarización en tomate mejoró la concentración de K en la hoja comparado con el testigo (fertilización) lo cual es similar a lo encontrado en nuestro estudio ya que se observa que el método físico (solarización) tuvo tendencia a incrementar la concentración de K cuando se utiliza el método físico. Los niveles del factor sustrato no fueron estadísticamente diferentes a los 173 ($P > 0.1693$), 301 ($P > 0.8861$), 351 ($P > 0.3265$) y 405 DDT ($P > 0.5008$), sin embargo, a los 119 si hubo diferencias significativas ($P = 0.0045$), donde, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el contenido de K en hoja en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 18). Sin embargo, se ha reportado que la aplicación de compostas o vermicompostas en el sustrato no afecta la concentración de K en hoja de fresa (Preusch *et al.*, 2004; Hargreaves *et al.*, 2009; Alvarado *et al.*, 2014; Balci *et al.*, 2014). Sin embargo, Singh *et al.* (2010) reportaron que al aplicar lixiviados de vermicomposta de forma foliar, la concentración de K en hoja de fresa se incrementa significativamente. Por su parte, Ameri y Tehranifar (2012) reportaron que mediante la aplicación foliar de ácidos húmicos (10 ppm) en fresa la concentración foliar de K en el cultivar Camarosa se incrementa hasta 4.18% en comparación con el testigo (0 ppm). Hargreaves *et al.* (2009a) reportan que las compostas de desperdicios sólidos municipales, compostas de rumiantes y fertilizantes orgánicos provee grandes cantidades de K al suelo en comparación con los te de composta. En nuestro estudio este incremento en la concentración de K se pudo haber debido a que el sustrato con composta suministró más K que el sustrato elaborado sólo con peat moss y agrolita. No hubo diferencias en los niveles del factor variedad a los 119 DDT ($P > 0.2970$), sin embargo si hubo diferencias a los 173 ($P = 0.0064$) y diferencias altamente significativas a los 301 ($P = 0.0001$), 351 ($P = 0.0001$) y 405 DDT ($P = 0.0001$). A los 173 DDT la concentración de K fue mayor en el cultivar Zamorana el cual fue estadísticamente diferente de los cultivares Festival y Jacona (Cuadro 18). Mientras que a los 301 DDT,

la concentración de K fue mayor en el cultivar Festival el cual fue estadísticamente diferente de los cultivares Jacona y Zamorana los cuales a su vez también fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 18). En la quinta evaluación (351 DDT), la concentración de K en hoja fue mayor en el cultivar Zamorana el cual fue diferente de los cultivares Festival y Jacona los cuales a su vez también fueron estadísticamente diferentes. En la última evaluación (405 DDT), los cultivares Zamorana y Festival demostraron ser estadísticamente iguales en el contenido de K en hoja siendo diferentes del cultivar Jacona.

Demirsoy *et al.* (2010) encontraron una concentración de K en hoja de fresa en el cultivar Sweet Charlie de 1.05 a 1.87 %. Por su parte Demirsoy *et al.* (2012) encontraron una concentración foliar de K en fresa de 1.88 a 3.01 %. Sin embargo, May *et al.* (1994) reportaron en el cultivar Earliglow de fresa un contenido de K en hoja de 1.3-2.0 %. May y Pritts (1990), Chow *et al.* (1992), Pritts y Handley (1998) y Childers (2003) reportan que una concentración adecuada de K en hoja varía 1.5 a 2.5 %

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores óptimos de acuerdo con May y Pritts (1990), Chow *et al.* (1992), Pritts y Handley (1998), Childers (2003) y Demirsoy *et al.* (2012) a los 119, 173, 301 y 405 DDT, mientras que a los 351 DDT se encontraron valores fuera del rango establecido por los autores (Cuadro 18). May *et al.* (1994) encontraron que durante el periodo de fructificación el contenido de K se incrementa lo cual coincide con nuestros resultados ya que a los 351 DDT se encontró la mayor concentración, lo cual coincide con los mayores rendimientos en los tres factores principales.

Cuadro 18. Concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Potasio (%)				
		119 DDT	173 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	2.66 a ^x	2.74 a	2.38 c	3.93 ab	2.31 ab
	Metam Sodio	2.01 a	2.56 a	2.45 b	3.87 b	2.09 ab
	Solarización	2.45 a	2.68 a	2.51 ab	3.98 ab	2.32 ab
	Micorriza	1.92 a	2.83 a	2.55 a	4.00 ab	2.36 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	2.06 a	2.55 a	2.53 a	4.08 a	2.03 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.93 b	2.62 a	2.48 a	3.95 a	2.20 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	2.59 a	2.72 a	2.49 a	3.99 a	2.25 a
	Jacona	2.03 a	2.36 b	2.43 b	3.66 c	1.72 b
	Festival	2.32 a	2.60 b	2.66 a	3.92 b	2.46 a
Variedad (V)	Zamorana	2.36 a	3.05 a	2.37 c	4.33 a	2.49 a
	V x MD	ns	ns	s	s	s
V x S	ns	ns	ns	s	ns	
MD x S	ns	ns	ns	s	s	
V x MD x S	ns	ns	ns	s	ns	

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.3. Fósforo

No fue significativo el efecto de la triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato a los 119 ($P>0.2203$), 173 ($P>0.1431$), 351 ($P>0.7458$) y 405 DDT ($P>0.8564$), sin embargo, a los 251 y 301 DDT esa interacción si fue significativa ($P<0.0006$; $P<0.0172$, respectivamente). A los 251 DDT, la concentración de P en hoja fue mayor (0.54 %) cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*, y la menor concentración de P (0.28 %) se encontró cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y desinfectado por el método químico (metam sodio). En la cuarta evaluación (301 DDT) la concentración de P en hoja fue mayor (0.83 %) cuando el cultivar Zamorana se plantó en peat moss y agrolita (1:1) desinfectado con

el método químico (metam sodio); sin embargo, la concentración de P fue menor (0.35 %) cuando el cultivar Festival fue plantado en composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectado por el método físico (solarización).

La interacción variedad x método de desinfección no fue significativa en las seis fechas de evaluación en el contenido de Fósforo (P) de hoja ($P > 0.2125$; $P > 0.3184$; $P > 0.0921$; $P > 0.6571$; $P > 0.2640$; $P > 0.3329$, respectivamente). Para la interacción variedad x sustrato no hubo efecto significativo a los 119 ($P > 0.3324$), 251 ($P > 0.1027$), 301 ($P > 0.4916$) y 405 DDT ($P > 0.3716$); mientras que a los 173 y 351 DDT la interacción si mostró ser significativa ($P < 0.0005$; $P < 0.0322$, respectivamente). A los 173 DDT, el cultivar Zamorana plantado en la mezcla de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo la mayor concentración de P en hoja (0.59%), mientras que el cultivar Jacona plantado en peat moss y agrolita (1:1) la concentración de P fue menor (0.28%) (Figura 45). También se observa que en esta fecha, los cultivares Zamorana y Festival tuvieron una mejor concentración de P cuando se plantaron en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y esto se pudo deber a que este sustrato suministró el Fósforo necesario ya que contiene más materia orgánica con respecto al sustrato elaborado sólo con peat moss y agrolita (1:1) (Figura 48a). En la quinta evaluación (351 DDT) el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de P (0.72%) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que el cultivar Zamorana tuvo el menor valor de P (0.63%) cuando se plantó en peat moss y agrolita (1:1) (Figura 48b). En la Figura 48b se muestra que los tres cultivares tuvieron similar concentración cuando se plantaron en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1). En lo que respecta a la interacción método de desinfección x sustrato, ésta no fue significativa a los 173 ($P > 0.9310$), 251 ($P > 0.1013$), 301 ($P > 0.8600$), 351 ($P > 0.9854$) y 405 DDT ($P > 0.5450$), pero si a los 119 DDT ($P < 0.0073$), donde la concentración de P (0.52 %) fue mayor cuando el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) se inoculó con micorrizas ; sin embargo, en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado por el método físico (solarización) se encontró la mayor concentración de P (0.31%) (Figura 49). En la Figura 49 se observa que el método químico (metam sodio) se comporta de manera similar cuando se aplicó en ambos sustratos.

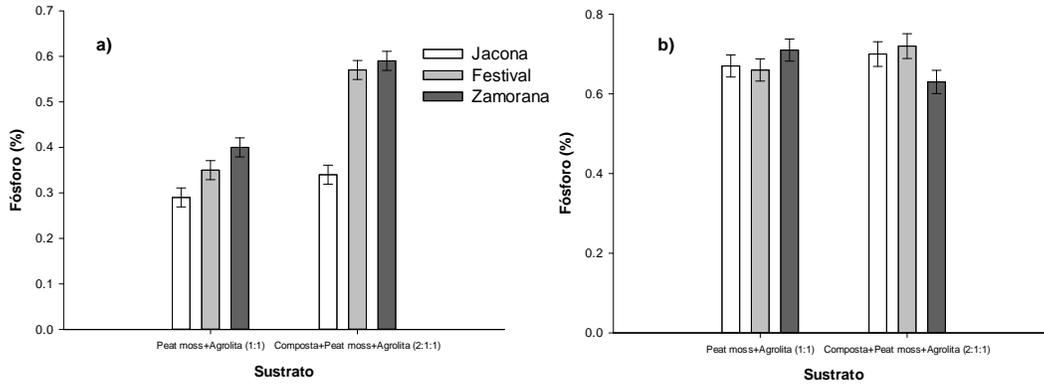


Figura 48. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Fósforo (N) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (5 de Agosto de 2013) y b) 351 DDT (13 de Febrero de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

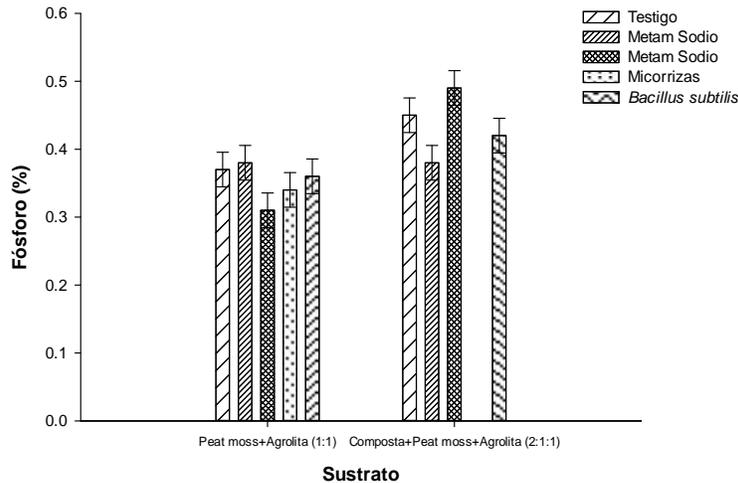


Figura 49 Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Fósforo (P) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en las seis fechas de evaluación de P ($P > 0.7950$; $P > 0.8629$; $P > 0.1809$; $P > 0.1172$; $P > 0.1301$; $P > 0.7744$, respectivamente) (Cuadro 19). Sin embargo, se ha reportado que

mediante la inoculación de micorrizas (*Glomus Fascucylatum*) se incrementa la concentración de P (Gryndler *et al.*, 2002). Gunes *et al* (2009) encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en el contenedor, el contenido de P en hoja de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular. Sin embargo, en nuestro estudio no hubo tendencia clara de incrementar la concentración de P en hoja cuando se utilizó micorrizas y *Bacillus subtilis* debido a que se comportaron de manera similar con el método químico, físico y testigo. Por otra parte no se encontró diferencias en las seis fechas de evaluación entre el método químico y el testigo lo cual es similar a lo reportado por Trend *et al.* (1989) quienes no encontraron diferencias en el contenido de P en hoja de trigo entre suelos desinfectados con método químico y suelos no tratados (testigo).

Grünzweig *et al.* (1999) reportaron que el uso de la solarización en tomate incrementó la concentración de P en la hoja, sin embargo, en nuestro estudio no se observó el mismo efecto y esta diferencia se pudo deber a la diferencia entre especies y a que estos autores solarizaron el suelo y en nuestro experimento la solarización se aplicó a sustratos.

Entre los dos sustratos evaluados no hubo diferencias significativas a los 351 DDT ($P>0.1205$; $P>0.9308$), sin embargo a los 119, 173, 251, 301 y 405 DDT si hubo significancia ($P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0456$ $P<0.0006$, respectivamente). A los 119, 173 y 251 DDT el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente la concentración de P en hoja en comparación con la mezcla de peat moss y agrolita (1:1). Mientras tanto, a los 301 y 405 DDT, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementó significativamente la concentración de P en hoja respecto del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 19). Reportes en fresa como los de Nestby (1998) y Preusch *et al.* (2004) han encontrado que la aplicación de compostas en el cultivo de fresa incrementa P en hoja en comparación con aquellos tratamientos con fertilizantes. Sin embargo, otros reportes han mencionado que la aplicación de compostas o vermicompostas en el sustrato no afecta el contenido de P en hoja de fresa (Hargreaves *et al.*, 2009; Alvarado *et al.*, 2014; Balci *et al.*, 2014).

Las variedades no mostraron diferencias entre ellas a los 119 ($P>0.5103$), 251 ($P>0.1546$), 301 ($P>0.0880$) y 351 DDT ($P>0.9287$); mientras que a los 173 y 405 DDT si hubo significancia estadística ($P<0.0037$; $P<0.0009$, respectivamente). A los 173 DDT, los cultivares Jacona y Zamorana presentaron mayor concentración de P en hoja siendo estadísticamente diferentes del cultivar Festival. Sin embargo, en la última evaluación (405 DDT), el cultivar Festival demostró tener la mayor concentración de P

en hoja siendo estadísticamente diferente de los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) (Cuadro 19).

Rosen *et al.* (1997) han reportado que la concentración óptima de P en hoja es de 0.27-0.30 %. Por su parte Demirsoy *et al.* (2010) encontraron una concentración de P en hoja de 0.21 a 0.46 %. Mientras que May y Pritts (1994), Pritts y Handley (1998) y Childers (2003) reportan que una concentración adecuada de P en hoja de fresa varía de 0.20 a 0.40 %.

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores óptimos de acuerdo a May y Pritts (1994), Pritts y Handley (1998) y Childers (2003) a los 119, 173 y 251, mientras que a los 301, 351 y 405 DDT se encontraron valores fuera del rango establecido por los autores (Cuadro 19). May *et al.* (1994) reportaron que el contenido de P en hoja tiende a disminuir en las primeras etapas de crecimiento, lo cual concuerda con nuestro estudio donde se observa que en las tres primeras evaluaciones (119, 173, 251 DDT) hay una disminución significativa hasta los 301 DDT, donde la concentración aumenta hasta los 405 DDT y esto se pudo haber debido a que a los 301, 351 y 405 DDT la planta se encontraba en la etapa de floración y fructificación por lo que la planta demandaba una mayor concentración de P.

En el Cuadro 19 se observa una tendencia de encontrar los mejores porcentajes de P en hoja a los 301, 351 y 405 DDT, mientras que la menor concentración se encontró a los 119, 173 y 251 DDT. Lo anterior coincide a lo reportado por May *et al.* (1994) quienes observaron que el P en la hoja de fresa tiende a disminuir durante las primeras etapas de crecimiento, mientras que una alta concentración de P se pudo deber a que hubo una mayor absorción de P para el suministro a órganos demandantes como el fruto.

Cuadro 19. Concentración de Fósforo (P) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Fósforo (%)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.41 a ^x	0.42 a	0.35 a	0.55 a	0.67 a	0.64 a
	Metam Sodio	0.38 a	0.42 a	0.34 a	0.68 a	0.67 a	0.65 a
	Solarización	0.40 a	0.41 a	0.35 a	0.53 a	0.75 a	0.63 a
	Micorriza	0.40 a	0.43 a	0.36 a	0.58 a	0.67 a	0.65 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.39 a	0.44 a	0.37 a	0.59 a	0.66 a	0.62 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.35 b	0.35 b	0.33 b	0.62 a	0.68 a	0.67 a
	Composta+	0.45 a	0.50 a	0.38 a	0.55 b	0.68 a	0.61 b
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	0.39 a	0.36 b	0.35 a	0.64 a	0.69 a	0.60 b
	Festival	0.43 a	0.46 a	0.37 a	0.52 a	0.69 a	0.69 a
	Zamorana	0.37 a	0.50 a	0.34 a	0.59 a	0.67 a	0.63 b
V x MD		ns	ns	s	ns	ns	ns
V x S		ns	s	s	ns	s	ns
MD x S		s	ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	s	s	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.4. Calcio

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en la concentración de Calcio (Ca) en hoja a los 119 ($P>0.4043$), 173 ($P>0.6137$), 251 ($P>0.1278$), 351 ($P>0.8185$) y 405 DDT ($P>0.2261$); mientras que a los 301 DDT la triple interacción si mostró ser estadísticamente significativa ($P<0.0011$). A los 301 DDT, la concentración de Ca fue mayor (1.29 %) cuando el cultivar Jacona plantado en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) y desinfectado por el método físico (solarización); sin embargo, en el cultivar Jacona plantado en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con *Bacillus subtilis* la concentración foliar de Ca fue menor (0.45 %).

La interacción método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa en las seis fechas de evaluación de Ca en hoja ($P>0.8618$; $P>0.1878$; $P>0.1359$; $P>0.4932$; $P>0.5160$; $P>0.0640$, respectivamente). Por otra parte, la interacción

variedad x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 173 ($P>0.6586$), 251 ($P>0.9775$), 301 ($P>0.4274$), 351 ($P>0.4492$) y 405 DDT ($P>0.6634$), mientras que a los 119 DDT la interacción si mostró ser altamente significativa ($P<0.0010$). A los 119 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Ca (0.91 %) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), sin embargo, el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de Ca (0.64 %) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 50). También encontró que los cultivares Festival y Zamorana tuvieron una concentración de Ca en hoja similar, cuando estos fueron plantados en peat moss y agrolita (1:1) en comparación cuando estos mismo cultivares se plantaron en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 50).

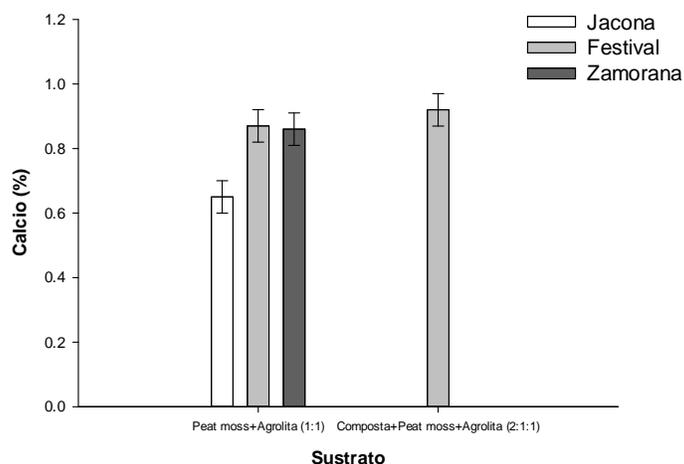


Figura 50. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

La interacción variedad x método de desinfección no fue estadísticamente significativa a los 173 ($P>0.1072$), 251 ($P>0.5264$), 301 ($P>0.4406$) y 351 DDT ($P>0.6858$); mientras que a los 119 y 405 DDT la interacción si fue significativa ($P<0.0094$; $P<0.0162$, respectivamente). A los 119 DDT el cultivar Zamorana tuvo mayor concentración de Ca (1.04 %) cuando se utilizó el método físico (solarización), sin embargo, el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de Ca (0.62 %) cuando se inoculó con *Bacillus subtilis* (Figura 51a). En la última evaluación (405 DDT), el cultivar Festival tuvo el mayor contenido de Ca (0.66 %) cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo), mientras que el cultivar Jacona tuvo la menor concentración (0.49 %) cuando se utilizó

Bacillus subtilis. Para esta fecha (405 DDT) también se encontró que el cultivar Zamorana tuvo valores similares cuando se utilizaron los cuatro métodos de desinfección estudiados y el testigo, sin embargo, en el cultivar Jacona, la inoculación de microorganismos como micorrizas y *Bacillus subtilis* disminuyeron la concentración de Ca en hoja (Figura 51b).

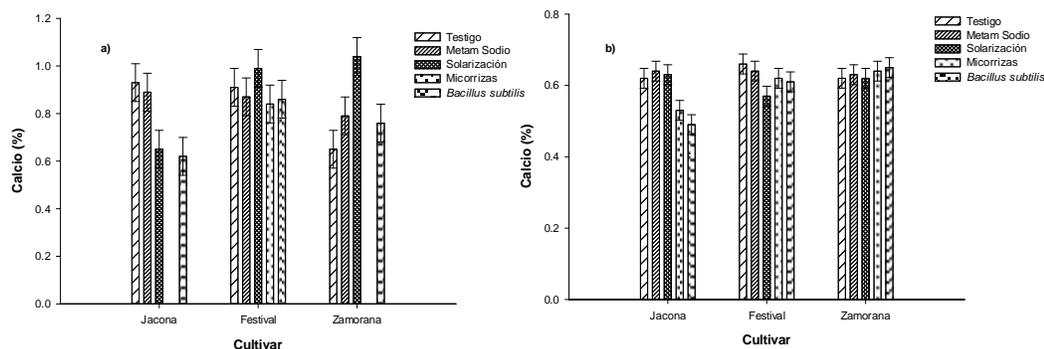


Figura 51. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 119 DDT (17 de Junio de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas en el contenido de Ca en hoja a los 119 ($P > 0.1311$), 251 ($P > 0.1717$), 351 ($P > 0.2605$) y 405 DDT ($P > 0.0861$); mientras que a los 173 y 301 DDT si hubo diferencias significativas ($P < 0.0186$; $P < 0.0478$, respectivamente). En la segunda evaluación (173 DDT) el método de desinfección físico (solarización) tuvo una concentración de Ca estadísticamente superior en comparación con el método químico (metam sodio). En la cuarta evaluación (301 DDT), la concentración de Ca en hoja fue mayor cuando se utilizó el método de desinfección químico (metam sodio) comparado con el testigo (no desinfección) donde se reportaron los valores más bajos de Ca (Cuadro 20). Sin embargo, Trend *et al.* (1989) no encontraron diferencias en la concentración de Ca en hoja de trigo entre el suelo tratado con método químico y suelo no tratado (testigo). Estas diferencias se pueden deber a la especie diferente utilizada en cada experimento y al tipo de suelo utilizado. Por su parte, Gunes *et al.* (2009) encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de Ca en hoja de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular, sin embargo en nuestro

experimento no tuvo un buen efecto la inoculación con *Bacillus subtilis*. En el Cuadro 20 también se observa que a los 405 DDT la concentración de Ca en hoja disminuyó significativamente en los métodos de desinfección y en el testigo con valores de entre 0.58 y 0.64 %, mientras que a los 351 DDT los cuatro métodos de desinfección estudiados y el testigo reportaron las mayores concentraciones de Ca con valores de entre 1.02 y 1.12 %.

No hubo diferencias significativas en los niveles del factor sustrato a los 119 ($P>0.4934$), 173 ($P>0.9432$) y 301 DDT ($P>0.0721$); mientras que a los 251, 351 y 405 DDT si hubo significancia estadística ($P<0.0010$; $P<0.0280$; $P<0.0024$, respectivamente), en el cual, en las tres fechas donde hubo diferencias, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) resultó ser estadísticamente en un mayor contenido de Ca en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 20). Hargreaves *et al.* (2009) encontraron que mediante el uso de compostas y té de composta en fresa, se incrementa el contenido de Ca en hoja y en otros estudios han demostrado un incremento en el contenido de Ca en hoja cuando se utiliza composta. Singh *et al.* (2010) reportan una concentración de Ca en hoja de 0.84-1.5 % cuando se aplicaron lixiviados de vermicomposta vía foliar.

Las variedades no mostraron diferencias significativas en sus niveles de Ca foliar a los 351 DDT ($P>0.4223$) y 405 DDT ($P>0.2819$); mientras que a los 119, 173, 251 y 301 DDT si mostraron significancia ($P<0.0174$; $P<0.0269$; $P<0.0078$; $P<0.0345$, respectivamente). A los 119 DDT, el cultivar Festival tuvo el mayor contenido de Ca en hoja y fue diferente del cultivar Jacona, mientras que a los 173 DDT el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Ca y estadísticamente fue diferente de los cultivares mexicanos (Zamorana y Jacona). Para los 251 y 301 DDT el contenido de Ca en hoja fue mayor en el cultivar Festival siendo estadísticamente diferente de Zamorana (Cuadro 20). Tagliavini *et al.* (2005) encontraron que la hoja es el órgano que más acumula Ca en comparación con el fruto, raíz y tallo.

Sarooshi y Cresswell (1994) han reportado que el contenido óptimo de Ca en hoja es de 1-1.5 %. Daugaard (2001) encontró que el contenido de Ca gradualmente se incrementa durante el verano y esto incremento se debe a un incremento en la transpiración (May y Pritts, 1990). Demirsoy *et al.* (2010) reportan en hoja de Fresa valores de Ca entre 0.22 y 1.50 % en el cultivar Sweet Charlie. Almaliotis *et al.* (2002) encontraron que el contenido de Ca varió de 0.77 a 1.48 % en el cultivar Tudla. May y Pritts (1990), Cline (1991) Pritts y Handley (1998) y Childers (2003) reportan que una concentración adecuada de Ca en hoja en fresa varía de 0.4-1.7%. Con base en esto se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores óptimos en las seis fechas de evaluación (Cuadro 20). May *et al.* (1994) encontraron en fresa que después de la

cosecha las concentraciones de Ca en la hoja fueron más bajas, lo cual concuerda con nuestro estudio, donde a los 405 DDT la concentración de Ca en hoja fue la menor en comparación con las demás fechas de evaluación.

Cuadro 20. Concentración de calcio (Ca) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Calcio (%)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.83 a ^x	1.13 ab	1.00 a	0.77 b	1.10 a	0.63 a
	Metam Sodio	0.85 a	0.99 b	0.93 a	1.00 a	1.12 a	0.64 a
	Solarización	0.89 a	1.16 a	0.98 a	0.91 ab	1.13 a	0.61 a
	Micorriza	0.75 a	1.02 ab	0.86 a	0.86 ab	1.12 a	0.60 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.74 a	1.03 ab	0.90 a	0.91 ab	1.02 a	0.58 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.79 a	1.08 a	0.87 b	0.92 a	1.05 b	0.59 b
	Composta+	0.84 a	1.08 a	1.00 a	0.86 a	1.15 a	0.63 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	0.76 b	0.94 b	0.93 ab	0.90 a	1.11 a	0.58 a
	Festival	0.89 a	1.27 a	1.04 a	0.97 a	1.06 a	0.62 a
	Zamorana	0.79 ab	1.03 ab	0.83 b	0.81 a	1.12 a	0.63 a
V x MD		s	ns	ns	ns	ns	s
V x S		s	ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	s	ns	ns

^xValores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.5. Magnesio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística a los 119 ($P>0.6366$), 173 ($P>0.4704$), 251 ($P>0.1788$), 351 ($P>0.9978$) y 405 DDT ($P>0.6206$); mientras que a los 301 DDT la interacción si fue significativa ($P<0.0435$). En la cuarta evaluación (301 DDT), el cultivar Festival tuvo la mayor

concentración de magnesio (Mg) en hoja (0.77 %) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*, sin embargo, el cultivar Zamorana tuvo el menor contenido de Mg (0.28 %) cuando se plantó en composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo).

La interacción variedad x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa a los 119 (P>0.3764), 173 (P>0.9413), 251 (P>0.3493), 301 (P>0.7042), 351 (P>0.8073); mientras que a los 405 DDT la interacción si fue significativa (P<0.0283). A los 405 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Mg en hoja (0.78 %) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1), sin embargo, el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de Mg (0.67 %) cuando creció en la mezcla de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 52). Se encontró también que el cultivar Jacona tuvo las concentraciones más bajas de Mg en ambos sustratos, mientras que el cultivar Zamorana tuvo valores similares cuando se plantó en ambos sustratos, además, los tres cultivares tuvieron concentraciones similares cuando se plantaron en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 52).

No fue significativa la interacción método de desinfección x sustrato a los 119 (P>0.5871), 173 (P>0.2223), 251 (P>0.8817) y 301 DDT (P>0.3207); mientras que a los 351 y 405 DDT la interacción si fue estadísticamente significativa (P<0.0433; P<0.0168, respectivamente). A los 351 y 405 DDT, en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo) se encontró una mayor concentración de Mg (0.81 y 0.73 %, respectivamente); por el contrario, el contenido de Mg fue menor (0.66 y 0.64 %) cuando el sustrato de composta, peat moss y agrolita fue inoculado con *Bacillus subtilis* (Figura 53 a y b). En la Figura 53 se observa que la menor concentración de Mg en hoja fue a los 405 días con respecto a las concentraciones de Mg encontradas a los 351 DDT donde fue más alta.

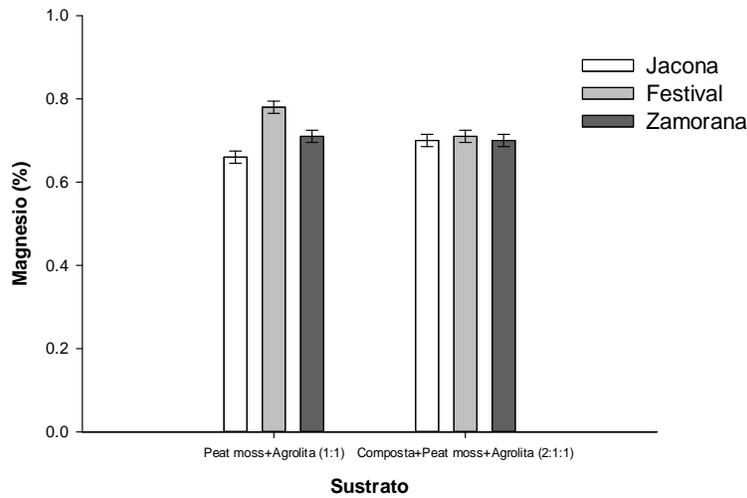


Figura 52. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

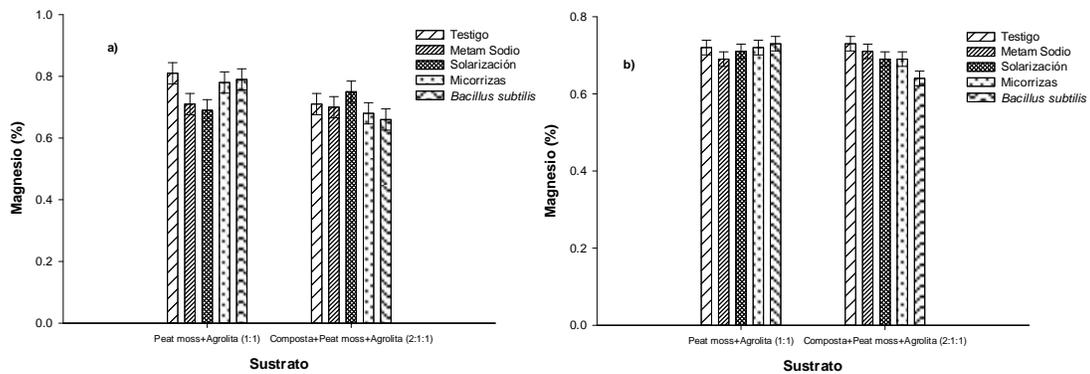


Figura 53. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de Magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 351 DDT (13 de Febrero de 2014) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No fue significativo el efecto de la interacción variedad x método de desinfección a los 119 ($P>0.2996$), 173 ($P>0.9347$), 251 ($P>0.5639$), 301 ($P>0.8461$) y 351 DDT ($P>0.3952$); sin embargo, a los 405 DDT la interacción si mostró ser significativa ($P<0.0089$). A los 405 DDT, el cultivar Zamorana tuvo la mayor concentración de Mg cuando se utilizaron micorrizas (0.77 %), mientras que el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de Mg cuando fueron utilizadas las micorrizas (0.62 %) (Figura 54). También se observa que los cultivares Festival y Jacona aumentaron su concentración de Mg en hoja cuando no se aplicó ningún método de desinfección (testigo).

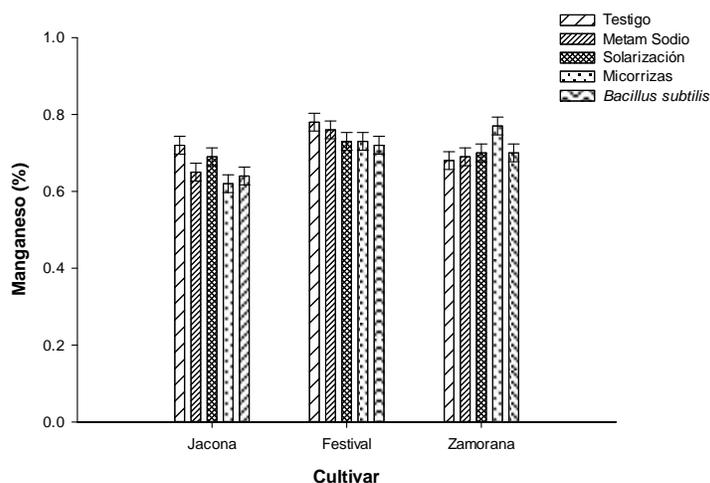


Figura 54. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=3$).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas a los 119 ($P>0.6545$), 251 ($P>0.4054$), 301 ($P>0.2327$), 351 ($P>0.5873$) y 405 DDT ($P>0.3174$); sin embargo, a los 173 DDT si hubo efecto significativo ($P<0.0012$), en el cual, el uso de *Bacillus subtilis* tuvo una concentración de Mg estadísticamente mayor comparado con las micorrizas, método físico (solarización) y químico (metam sodio) (Cuadro 21). Lo anterior concuerda con lo realizado por Gunes *et al* (2009), quienes encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en el contenedor, el contenido de Mg en hoja de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular. Por su parte Trend *et al.* (1989) no encontraron diferencias en la concentración de Mg en hojas de trigo entre suelos tratado con método químico y suelo no tratado (testigo) mientras que en nuestro experimento se observa que a los 251 DDT la

concentración de Mg tendió a disminuir cuando se aplicó el método químico y esto se pudo haber debido a que al utilizar un método químico se favorece la clorosis (Trend *et al.* 1989).

Los niveles del factor sustrato no fueron estadísticamente diferentes a los 119 ($P > 0.1516$), 173 ($P > 0.2563$), 251 ($P > 0.1224$) y 405 DDT ($P > 0.0834$); sin embargo, a los 301 y 351 DDT si hubo diferencias significativas ($P < 0.0091$; $P < 0.0273$, respectivamente). A los 301 y 351 DDT, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) incrementó significativamente la concentración de Mg en comparación con el sustrato elaborado a base composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 21). Sin embargo, Hargreaves *et al.* (2009) reportaron diferencias significativas en el primer año de evaluación en la concentración de Mg en hoja de fresa, mostrando que la aplicación de compostas en el cultivo de Fresa incrementa la concentración en comparación con los tratamientos donde utilizaron fertilizantes, encontrando valores entre 0.18 y 0.27 %. Warman *et al.* (2004) reportaron que el uso de composta en arándano incrementa el contenido de Mg en la hoja comparado con tratamientos que fueron fertilizados. Lo anterior es similar a lo reportado en nuestro estudio donde se observa que la composta tuvo una tendencia a incrementar la concentración de Mg en hoja a los 119, 173 y 251 DDT comparado con el sustrato elaborado solamente con peat moss y agrolita.

No hubo diferencias significativas entre variedades a los 119 ($P > 0.2325$) y 351 DDT ($P > 0.0890$); mientras que a los 173, 251, 301 y 405 DDT si hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0077$; $P < 0.0001$; $P < 0.0046$; $P < 0.0007$, respectivamente). A los 173, 251 y 301 DDT el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Mg en hoja y fue estadísticamente diferente de los cultivares Jacona y Zamorana. Sin embargo, a los 405 DDT el cultivar Festival fue diferente de Jacona y Zamorana y a su vez esta dos últimas también fueron diferentes (Cuadro 21).

En el Cuadro 21 se observa que los niveles de los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron los menores concentraciones de Mg a los 119 DDT, y esto se debe a que al inicio del experimento se tuvieron problemas con el pH en los sustratos donde además el índice de verdor (Unidades SPAD) fue significativamente afectado en esta misma fecha (Cuadro 7), por lo cual el contenido de Mg tiene una alta relación con el índice de verdor.

Por su parte, May y Pritts (1990), May *et al.* (1994), Pritts y Handley (1998) y Childers (2003) reportaron que una concentración adecuada de Mg en hoja de fresa varía de 0.25-0.52%. Con base en estos valores considerados como óptimos, se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores adecuados en el contenido de

magnesio a los 119 y 301 DDT, mientras que a los 173, 251, 351 y 405 DDT se encontraron concentraciones fuera del rango óptimo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Concentración de magnesio (Mg) en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Magnesio (%)					
Factores	Niveles	119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.23 a ^x	0.84 ab	0.75 a	0.54 a	0.77 a	0.73 a
	Metam Sodio	0.22 a	0.72 b	0.66 a	0.66 a	0.71 a	0.70 a
	Solarización	0.21 a	0.79 b	0.71 a	0.59 a	0.71 a	0.70 a
	Micorriza	0.20 a	0.79 b	0.69 a	0.60 a	0.74 a	0.71 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.22 a	0.94 a	0.69 a	0.63 a	0.73 a	0.68 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.21 a	0.80 a	0.68 a	0.64 a	0.75 a	0.71 a
	Composta+	0.23 a	0.83 a	0.72 a	0.56 b	0.71 b	0.69 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)						
Variedad (V)	Jacona	0.21 a	0.68 b	0.65 b	0.57 b	0.72 a	0.66 c
	Festival	0.23 a	0.99 a	0.84 a	0.70 a	0.79 a	0.74 a
	Zamorana	0.21 a	0.77 b	0.61 b	0.55 b	0.68 a	0.71 b
V x MD		ns	ns	ns	ns	ns	s
V x S		ns	ns	ns	ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns	ns	S	s
V x MD x S		ns	ns	ns	s	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.6. Fierro

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativo en las seis fechas de evaluación ($P>0.3716$; $P>0.3079$; $P>0.4711$; $P>0.2143$; $P>0.9603$; $P>0.9236$, respectivamente). Tampoco hubo efecto significativo en las interacciones variedad x sustrato ($P>0.1420$; $P>0.1640$; $P>0.1636$; $P>0.8606$; $P>0.5609$; $P>0.3341$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.05956$; $P>0.3217$; $P>0.5445$; $P>0.3366$; $P>0.2029$; $P>0.7179$).

Por otra parte, no fue significativo el efecto de la interacción variedad x método de desinfección a los 119 ($P>0.2042$), 173 ($P>0.6662$), 301 ($P>0.4815$) y 351 DDT ($P>0.8191$); mientras que a los 251 y 405 DDT la interacción si fue estadísticamente significativa ($P<0.0373$; $P<0.0260$, respectivamente). A los 251 DDT la concentración de Hierro (Fe) fue mayor cuando se utilizó el método físico (solarización) en el cultivar Festival (83.09 ppm), mientras tanto, el contenido de Fe fue menor cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (62.61 ppm) en el cultivar Jacona (Figura 55a). En la Figura 52a también se observa que la concentración de Fe en hoja en los cultivares Jacona y Zamorana se ve afectado cuando no se utiliza ningún método de desinfección (testigo), mientras que Festival plantado en sustratos no desinfectados tuvo la mayor concentración de Fe y esta diferencia se debe a que son cultivares diferentes y la asimilación de Fe es diferente. Por otra parte, en la última fecha de evaluación (405 DDT), la concentración de Fe fue mayor cuando en el cultivar Jacona no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (109.99 ppm) en comparación con el cultivar Festival cuando se utilizó el método químico (metam sodio) el cual tuvo la menor concentración de Fe (63.68 ppm) (Figura 55b). Sin embargo, con respecto a la tercera evaluación (251 DDT), la hoja tuvo una mayor concentración de Fe en los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) cuando fueron plantados en sustratos no desinfectados (testigo), en comparación con el cultivar Festival (testigo) (Figura 55 a y b).

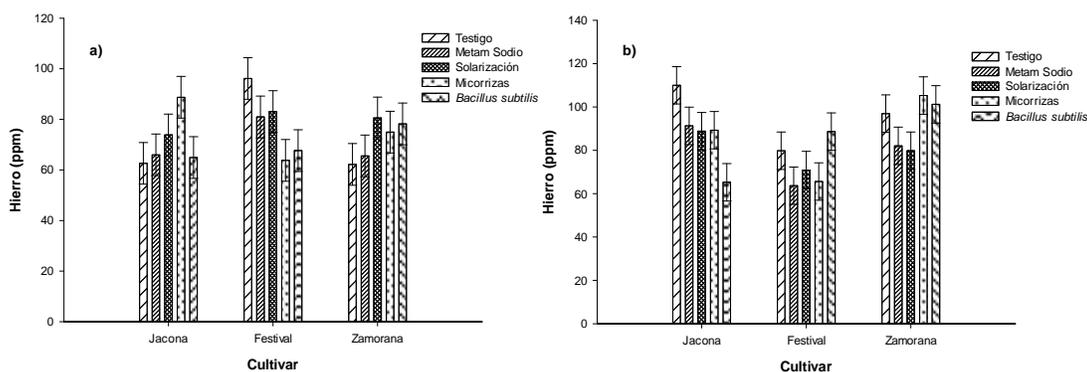


Figura 55. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de Hierro (Fe) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 251 DDT (4 de Noviembre de 2013) y b) 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en las seis fechas de evaluación ($P > 0.1094$; $P > 0.1906$; $P > 0.6657$; $P > 0.5523$; $P > 0.5873$; $P > 0.1457$, respectivamente) (Cuadro 22). Sin embargo, Gunes *et al.* (2009) encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en el contenedor, la concentración de Fe en hoja de fresa se incrementa, en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular. Por su parte, Orhan *et al.* (2006) reportaron que la inoculación de *Bacillus* M3 o OSU-142 incrementa la concentración de Fe en hoja de frambuesa. De acuerdo a lo anterior podemos observar que en nuestro experimento el uso de *Bacillus subtilis* tuvo un efecto similar en la concentración de Fe en hoja pudiendo haber favorecido el transporte de Fe del sustrato a la hoja. Por otra parte, Trend *et al.* (1989) no encontraron diferencias en la concentración de Fe en hoja de trigo entre el suelo tratado con método químico y suelo no tratado (testigo); sin embargo hubo una tendencia de incrementar la concentración de Fe cuando el suelo no fue tratado (testigo) comparado con el método químico mientras que en nuestro experimento se encontró que hubo una tendencia del testigo a incrementar la concentración de Fe a los 173, 251, 351 y 405 DDT comparado con el método químico (metam sodio).

Los niveles del factor sustrato no mostraron significancia estadística a los 119 ($P > 0.9370$), 301 ($P > 0.2480$) y 351 DDT ($P > 0.3242$); mientras que a los 173, 251 y 405 si hubo diferencias significativas ($P < 0.0103$; $P < 0.0476$; $P < 0.0012$, respectivamente). A los 173 DDT, el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) incrementó significativamente el contenido de Fe en hoja con respecto del sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1). Sin embargo, a los 251 y 405 DDT el contenido de Fe en hoja fue mayor cuando se utilizó el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) siendo estadísticamente diferente del sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 22). Hargreaves *et al.* (2009 b) demostraron que la incorporación de compostas y té de compostas al suelo a diferentes dosis, la concentración de Fe en hoja se incrementa, observando además que esta fue mayor en el segundo año de evaluación, encontrando valores de entre 70.38-128.27 ppm. Por su parte, Alvarado *et al.* (2014) no encontraron diferencias significativas entre sustratos elaborados a base de compostas y sustratos sin composta.

No fueron diferentes los niveles del factor variedad a los 173 ($P>0.0992$) 251 ($P>0.2790$), 301 ($P>0.4819$) y 351 DDT ($P>0.3546$), mientras que a los 119 y 405 DDT si hubo significancia estadística ($P<0.0215$; $P<0.0165$). A los 119 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Fe en hoja siendo estadísticamente diferente de los cultivares Jacona y Zamorana. En la última evaluación (405 DDT), el contenido de Fe fue mayor en los cultivares Zamorana y Jacona, siendo estadísticamente diferentes del cultivar Festival (Cuadro 22).

May y Pritts (1990), Pritts y Handley (1998) reportan que el rango óptimo de Fe en hoja de fresa es 60-250 ppm, mientras que Childers (2003) reporta una concentración óptima en hoja es de Fe de 50-100 ppm. Con base en estos reportes, se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores óptimos en las seis fechas de evaluación (Cuadro 22). También se encontró que a los 251 y 351 DDT se tuvieron las concentraciones más bajas en comparación con las demás fechas de evaluación ya que en esas fechas estaba en producción de fruto por lo que el Fe disponible se pudo haber translocado a las inflorescencias y al fruto.

Cuadro 22. Concentración de hierro (Fe) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Hierro (ppm)					
		119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	118.97 a ^x	157.48 a	73.65 a	93.47 a	122.03 a	95.58 a
	Metam Sodio	133.69 a	116.35 a	70.82 a	132.63 a	115.51 a	79.01 a
	Solarización	140.94 a	139.21 a	79.16 a	114.95 a	121.82 a	79.84 a
	Micorriza	112.46 a	175.81 a	75.82 a	103.23 a	128.86 a	86.72 a

	<i>Bacillus subtilis</i>	124.69 a	131.20 a	70.26 a	102.42 a	114.25 a	85.03 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	124.17 a	122.18 b	78.26 a	115.92 a	123.55 a	92.83 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	130.55 a	165.84 a	69.63 b	103.21 a	117.35 a	77.64 b
Variedad (V)	Jacona	119.87 ab	116.56 a	71.21 a	106.32 a	125.19 a	88.93 a
	Festival	143.18 a	173.40 a	78.33 a	119.31 a	121.37 a	73.72 b
	Zamorana	116.56 b	142.07 a	72.29 a	102.95 a	115.24 a	93.06 a
V x MD		ns	ns	s	ns	ns	s
V x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.7. Manganeso

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato a los 173 ($P>0.3641$), 251 ($P>0.0526$), 351 ($P>0.2448$) y 405 DDT ($P>0.2437$); sin embargo, a los 119 y 301 DDT la triple interacción si fue significativa ($P<0.0348$; $P<0.0052$, respectivamente). A los 119 DDT, el cultivar Zamorana tuvo la mayor concentración de Mn (531.67 ppm) en hoja cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo), mientras que el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de Mn (37 ppm) cuando se plantó en la mezcla de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y fue desinfectado con el método químico (metam sodio). En la cuarta evaluación (301 DDT), el cultivar Festival tuvo la concentración de Mn más alta (691.69 ppm) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*, mientras que, el cultivar Zamorana tuvo menor contenido de Mn (19.71 ppm) cuando se plantó en el sustrato composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo).

La interacción variedad x sustrato no fue significativa a los 119 ($P>0.3179$), 251 ($P>0.4220$), 301 ($P>0.2933$), 351 ($P>0.1375$) y 405 DDT ($P>0.2871$); sin embargo, a los 173 DDT la interacción demostró ser altamente significativa ($P<0.0001$), en el cual, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Mn en hoja (581.0 ppm) cuando se plantó en peat moss y agrolita (1:1), mientras que, el cultivar Zamorana tuvo la menor

concentración de Mn (42.0 ppm) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 56). También se observa en la Figura 56 que la concentración de Mn fue mayor en los tres cultivares cuando se plantaron en el sustrato hecho sólo de peat moss y agrolita (1:1) en comparación a cuando las variedades fueron plantadas en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) donde la concentración de Mn fue significativamente menor.

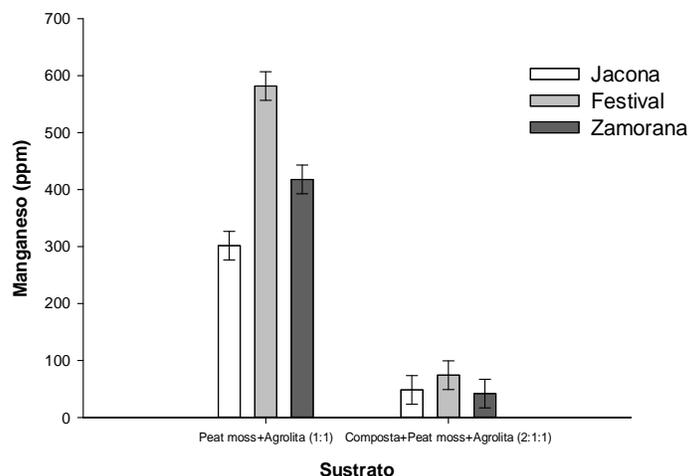


Figura 56. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 173 DDT (10 de Agosto de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por su parte, la interacción de los factores método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa a los 119 ($P > 0.2733$), 251 ($P > 0.1267$), 301 ($P > 0.1042$) y 351 DDT ($P > 0.0918$); sin embargo, si hubo significancia en la interacción a los 173 ($P < 0.0119$) y 405 DDT ($P < 0.0057$). En la segunda evaluación (173 DDT) la mayor concentración de Mn en hoja (554.47 ppm) se registró cuando el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) no fue desinfectado (testigo). Por el contrario, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) inoculado con micorrizas reportó las concentraciones más bajas de Mn (47.16 ppm) (Figura 57a). Para los 405 DDT, el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) y no desinfectado (testigo) reportó las más altas concentraciones de Mn (209.22 ppm), mientras que la menor concentración de Mn (20.09) se encontró cuando el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita fue

inoculado con *Bacillus subtilis* (Figura 57b). En la Figura 57 a y 57 b nuevamente se vuelve a observar el fenómeno donde la concentración de Mn se incrementa cuando se utilizan sustratos elaborados a base de peat moss y agrolita (1:1) independientemente de la desinfección en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). También se puede observar que a los 405 DDT, la concentración de Mn se disminuyó en un 50 % con respecto de la segunda evaluación (173 DDT).

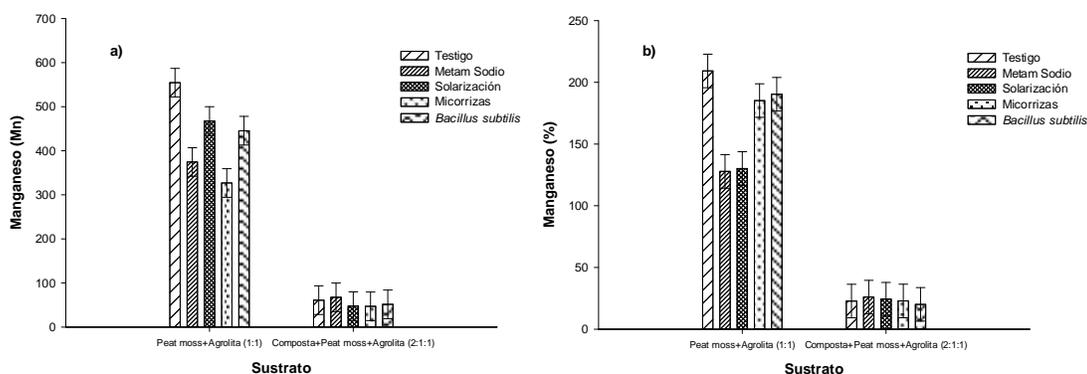


Figura 57. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los a) 173 DDT (10 de Agosto de 2013) y 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En lo que respecta a la interacción de los factores variedad x método de desinfección, esta no fue estadísticamente significativa a los 119 ($P > 0.1348$), 173 ($P > 0.2069$), 251 ($P > 0.0748$), 351 ($P > 0.1738$) y 405 DDT ($P > 0.2745$), sin embargo a los 301 DDT la interacción si mostró significancia estadística ($P < 0.0171$). A los 301 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Mn (360.44 ppm) cuando se utilizó *Bacillus subtilis* y la menor concentración fue cuando en el cultivar Festival (124.29 ppm) se utilizaron micorrizas (Figura 58).



Figura 58. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron significativamente diferentes a los 119 ($P > 0.1493$), 251 ($P > 0.1609$), 301 ($P > 0.1772$) y 351 DDT ($P > 0.2455$); sin embargo, a los 173 ($P < 0.0084$) y 405 DDT ($P < 0.0144$) si hubo significancia de esa interacción. A los 173 DDT el mayor contenido de Mn en hoja fue cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) siendo estadísticamente superior del tratamiento a base de la aplicación de las micorrizas. Para los 405 DDT, nuevamente la concentración de Mn fue mayor cuando no se utilizó ninguno de los cuatro métodos de desinfección (testigo), donde el testigo fue estadísticamente superior del método químico (metam sodio) y físico (solarización) (Cuadro 23). Lo anterior es similar a lo reportado a Trend *et al.* (1989) quienes encontraron que la concentración de Mn en hoja de trigo disminuyó cuando se aplicó método químico de desinfección al suelo comparado con el testigo. Esto se pudo deber a que el método químico pudo inducir una clorosis y hojas engrosadas (Trend *et al.*, 1989).

Por otra parte, Gunes *et al.* (2009) encontraron que al inocular *Bacillus* FS-3 en el contenedor, el contenido de Mn en hoja de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 y sin inocular. Orhan *et al.* (2006) reportaron que la inoculación de *Bacillus* M3 o OSU-142 incrementa la concentración de Mn en hoja de

frambuesa. Sin embargo, en nuestro experimento no se observa un buen efecto de *Bacillus subtilis* en la concentración de Mn en la hoja.

Las diferencias entre los niveles del factor sustrato fueron altamente significativos en las seis fechas de evaluación ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectivamente) donde el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente la concentración de Mn en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual tuvo los valores más bajos de Mn (Cuadro 23). Esto coincide con lo reportado por Warman (2009) quien encontró que el contenido de Mn en hoja en frambuesa disminuye por la adición de compostas, en las cañas vegetativas (primocañas) y cañas reproductivas (floricañas). Por su parte, Alvarado *et al.* (2014) muestran que en el cultivar Jacona de fresa, el contenido de Mn en hoja se incrementa significativamente en sustratos de peat moss y agrolita en comparación a cuando las plantas crecieron en sustratos elaborados a base de diferentes compostas. También Preusch *et al.* (2004) encontraron que la composta elaborado a base de estiércol avícola no tuvo un buen efecto en la concentración de Mn en hoja encontrando valores de entre 40 y 305 ppm. Hargreaves *et al.* (2009) mencionan que las diferentes dosis de composta y te de composta no tienen efecto en la concentración de Mn en hoja encontrando valores de 67.7-105.5 ppm. Esto se puede deber a que sustratos con composta no suministran el Mn necesario a la planta debido a que la composta suministra otros elementos como el N, P y K.

En el contenido de Mn foliar, las variedades no mostraron diferencias significativas entre ellas a los 119 ($P > 0.3080$), 251 ($P > 0.3050$), 301 ($P > 0.0802$), y 405 DDT ($P > 0.7943$); sin embargo a los 173 y 351 DDT si hubo diferencias estadísticas ($P < 0.0006$; $P < 0.0481$, respectivamente). A los 173 DDT, el cultivar Festival tuvo mayor concentración de Mn en hoja y fue diferente con respecto a los cultivares Zamorana y Jacona. Sin embargo, a los 405 DDT, nuevamente el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Mn y fue estadísticamente diferente de Zamorana (Cuadro 23).

Por su parte, May y Pritts (1990) y Pritts y Handley (1998) reportan que el rango óptimo de Mn en hoja de fresa es de 50-200 ppm. Sin embargo, May *et al.* (1994) encontraron en hoja de fresa una concentración de Mn valores de entre 120-210 ppm. Mientras que Childers (2003) menciona que el rango óptimo de Fe en hoja de fresa es de 30-100 ppm

Se puede observar que los factores método de desinfección y variedad tuvieron valores óptimos de acuerdo a May y Pritts (1990), Pritts y Handley (1998) y May *et al.* (1994) a los 119, 251, 301, 351 y 405 DDT, respectivamente; mientras que a los 173 DDT se encontraron valores fuera del rango (Cuadro 23). Sin embargo, entre los niveles del

factor sustrato se encontraron concentraciones fuera del rango establecido por May y Pritts (1990), May *et al.* (1994), Pritts y Handley (1998), y Childers (2003) en el sustrato de peat moss y agrolita, mientras que la concentración de Fe en hoja tuvo rangos óptimos de acuerdo con Childers (2003) cuando se utilizó el sustrato de composta, peat moss y agrolita (Cuadro 23).

Cuadro 23. Concentración de manganeso (Mn) en hoja de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Manganeso (ppm)					
		119 DDT	173 DDT	251 DDT	301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	133.14 a ^x	307.75 a	181.93 a	158.79 a	164.33 a	116.0 a
	Metam Sodio	178.97 a	220.98ab	147.74 a	184.19 a	136.45 a	76.89 b

	Solarización	168.11 a	257.44ab	169.72 a	158.79 a	137.88 a	77.22 b
	Micorriza	125.04 a	187.00 b	130.76 a	160.92 a	180.45 a	104.05 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	193.28 a	248.54ab	139.59 a	166.73 a	184.90 a	105.22 ab
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	260.99 a	433.74 a	270.90 a	297.19 a	272.94 a	168.55 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	48.18 b	54.94 b	37.00 b	40.52 b	37.13 b	23.20 b
Variedad (V)	Jacona	133.11 a	174.04 b	142.38 a	175.03 a	164.69ab	93.11 a
	Festival	175.60 a	328.06 a	167.27 a	164.51 a	192.50 a	92.47 a
	Zamorana	176.35 a	229.92 b	152.19 a	158.03 a	125.46 b	102.04 a
V x MD		ns	ns	ns	s	ns	ns
V x S		ns	s	ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	s	ns	ns	ns	s
V x MD x S		s	ns	ns	s	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.1.8. Boro

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 351 DDT ($P>0.8049$), mientras que a los 301 y 405 DDT la triple interacción si tuvo efecto significativo ($P<0.0096$; $P<0.0044$). A los 301 DDT, la hoja del cultivar Festival tuvo la mayor concentración de Boro (B) (151.27 ppm) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con *Bacillus subtilis*, mientras que, el cultivar Zamorana tuvo la menor concentración de B (52.82 ppm) cuando se plantó en el sustrato no desinfectado (testigo) elaborado con composta, peat moss y agrolita (2:1:1). En la última evaluación (405 DDT), el cultivar Festival tuvo la más alta concentración de B (102.45 ppm) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectado con el método físico (solarización), mientras que el cultivar Festival tuvo la menor concentración de B (72.02 ppm) cuando se plantó en el sustrato a base de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado por solarización. No fue significativo el efecto de la interacción del método de desinfección x sustrato a los 301 ($P>0.3386$), 351 ($P>0.6695$) y 405 DDT ($P>0.2424$).

La interacción de los factores variedad x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 301 ($P>0.6995$) y 351 DDT ($P>0.0908$), mientras que a los 405 DDT la interacción si

mostró ser estadísticamente significativa ($P < 0.0101$), en el cual, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de B en hoja (94.85 ppm) cuando se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Por su parte, el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de B (78.09 ppm) cuando se plantó en el sustrato de sólo peat moss y agrolita (1:1) (Figura 59). Además se observa que el cultivar Jacona plantado en los dos sustratos tuvo la menor concentración de B, mientras que los cultivares Festival y Zamorana incrementaron ligeramente el contenido de B cuando estos fueron plantados en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) en comparación con Jacona (Figura 59).

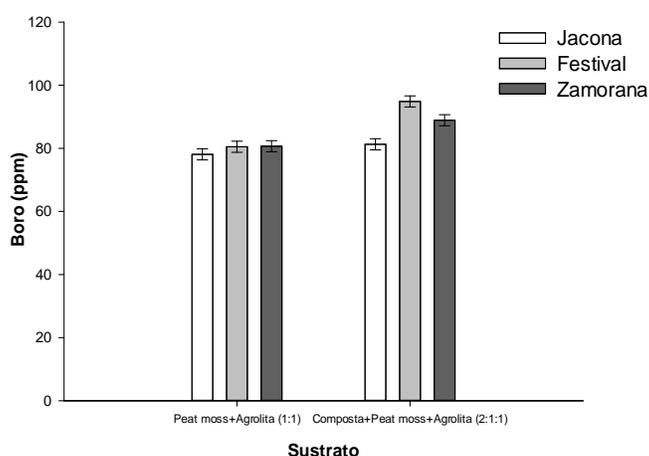


Figura 59. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

No hubo efecto significativo en la interacción variedad x método de desinfección a los 301 ($P > 0.9947$) y 351 DDT ($P > 0.5713$); mientras que a los 405 DDT la interacción si mostró ser significativa ($P < 0.0144$), en el cual, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de B en hoja (93.83 ppm) cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo), mientras que el cultivar Jacona tuvo la menor concentración de B (76.76 ppm) cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (Figura 60).

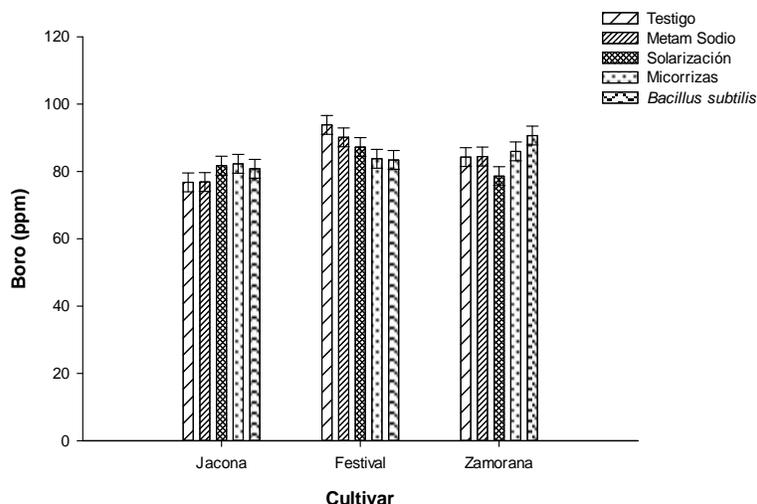


Figura 60. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en las tres fechas de evaluación en la concentración de B en hoja ($P < 0.1864$; $P < 0.1260$; $P < 0.8177$) (Cuadro 24).

En los niveles del factor sustrato no hubo diferencias significativas a los 301 DDT ($P > 0.9623$); mientras que a los 351 y 405 DDT si hubo significancia estadística ($P < 0.0004$; $P < 0.0001$, respectivamente). Ahí, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss ya agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el contenido de B en hoja siendo estadísticamente superior del sustrato elaborado con peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 24). Lo anterior coincide con lo encontrado por Hargreaves *et al.* (2009), quienes mostraron que la aplicación de composta al suelo incrementa significativamente el contenido de B en hoja comparado con tratamientos con fertilizantes y esto se debe a que el B es altamente móvil cuando se adiciona composta al suelo e incrementa la concentración de B en el suelo (Hargreaves *et al.*, 2009). Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) no encontraron diferencias en el contenido de B en hoja de fresa entre aquellas plantas creciendo en sustrato con composta y sin composta.

Los niveles del factor variedad si fueron estadísticamente diferentes a los 301 ($P < 0.0047$), 351 ($P < 0.0096$) y 405 DDT ($P < 0.0002$). A los 301 DDT los cultivares Festival y Jacona fueron estadísticamente iguales y diferentes de Zamorana. Mientras que a los

351 DDT, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de B siendo diferente de los cultivares Jacona y Zamorana; y en la última fecha de evaluación (405 DDT) los cultivares Festival y Zamorana fueron iguales y diferentes de Jacona (Cuadro 24).

May *et al.* (1994) reportaron en hoja de fresa una concentración de B en hoja de 26-55 ppm. Por su parte Childers (2003) menciona que una concentración adecuada de B en hoja varía de 20-40 ppm. Hargreaves *et al.* (2009) encontraron en hoja de fresa una concentración de B en dos años de 20.3-45.5 ppm. Sin embargo, Alvarado *et al.* (2014) reportó en hoja de fresa una concentración de 83.79-119.23 ppm.

De acuerdo a Alvarado *et al.* (2014) se puede observar que los tres factores principales tuvieron similares valores; sin embargo, nuestros resultados no coinciden con los de Hargreaves *et al.* (2009) y esto se pudo haber debido a que las compostas utilizadas por los autores mencionados son diferentes ya que Alvarado *et al.* (2014) utilizaron composta elaboradas a base de estiércol de bovino y ovino, mientras que Hargreaves *et al.* (2009) manejaron composta elaborada a partir de rumiantes y de desperdicios municipales y en nuestro experimento se utilizó composta elaborada a base de estiércol de ovino. Sin embargo, también se observa que nuestros valores fueron superiores que los reportados por May *et al.* (1994) y Childers (2003).

Cuadro 24. Concentración de boro (B) en hoja de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Boro (ppm)		
		301 DDT	351 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	98.22 a ^x	112.39 a	84.95 a
	Metam Sodio	122.34 a	105.72 a	83.81 a
	Solarización	108.86 a	112.93 a	82.52 a

	Micorriza	107.62 a	109.70 a	83.99 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	110.86 a	113.42 a	84.95 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	108.74 a	106.60 b	79.75 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	110.29 a	115.35 a	88.34 a
Variedad (V)	Jacona	112.81 a	106.19 b	79.68 c
	Festival	121.25 a	118.48 a	87.67 a
	Zamorana	94.95 b	107.91 b	84.78 b
V x MD		ns	ns	s
V x S		ns	ns	s
MD x S		ns	ns	ns
V x MD x S		s	ns	s

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2. Fruto

4.8.2.1. Nitrógeno

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa en los meses de Diciembre ($P>0.6018$), Enero ($P>0.2974$) y Febrero ($P>0.9360$). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción variedad x método de desinfección en las tres fechas de evaluación ($P>0.4911$; $P>0.2596$; $P>0.8715$, respectivamente), ni tampoco la interacción de los factores método de desinfección x sustrato ($P>0.4689$; $P>0.5218$; $P>0.7725$, respectivamente).

No fue significativo el efecto de la interacción variedad x sustrato en los meses de Enero ($P>0.6613$) y Febrero ($P>0.8684$); mientras que en el mes de Diciembre la interacción mostró ser significativa, en el cual, el cultivar Festival tuvo la mayor concentración de nitrógeno (N) en fruto (2.05 %) cuando se plantó en el sustrato elaborado con composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que, el mismo cultivar tuvo el menor valor de N (1.65 %) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1). También se encontró que los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) tuvieron similar concentración de N en fruto, cuando fueron plantados en ambos sustratos (Figura 61).

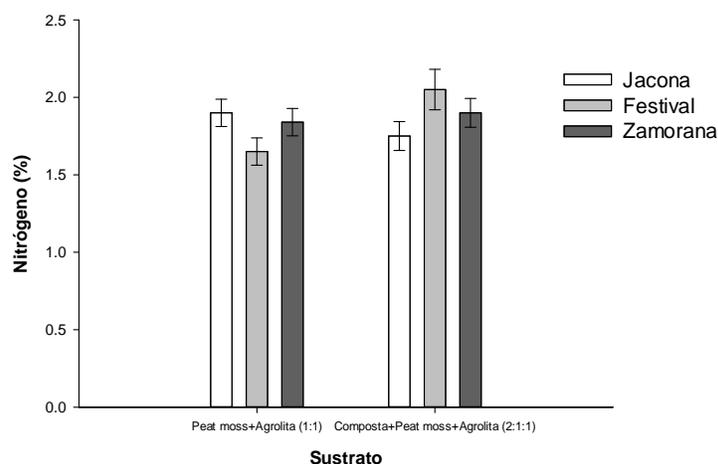


Figura 61. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de Nitrógeno (N) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en las tres fechas de evaluación ($P > 0.9322$; $P > 0.1767$; $P > 0.8077$, respectivamente) (Cuadro 25). Sin embargo, reportes como los de Gunes *et al.* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de N en fruto de fresa se incrementa en comparación a cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación.

Los niveles del factor sustrato no mostraron ser estadísticamente significativos en los tres meses de evaluación ($P > 0.2025$; $P > 0.9827$; $P > 0.5002$, respectivamente) (Cuadro 25). A pesar de que estadísticamente no hubo significancia en entre los niveles del factor sustrato, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita tiene una tendencia a incrementar la concentración de Nitrógeno en los meses de Diciembre y Enero en comparación con el sustrato de peat moss y agrolita (1:1). Por su parte, Wang y Lin (2002) encontraron que el contenido de Nitrógeno en fruto de fresa se incrementó significativamente (0.96 %) cuando se utilizó composta y suelo (1:1) como sustrato en comparación a cuando no se utilizó composta. Singh *et al.* (2010) reportaron que el contenido de N fue mayor (2.6 %) en el cultivar Chandler cuando se aplicaron lixiviados de vermicomposta vía foliar en comparación con el control (agua).

No hubo diferencias significativas entre variedades en el mes de Diciembre ($P>0.8418$); mientras que en los meses de Enero y Febrero si se encontraron diferencias significativas ($P<0.0030$; $P<0.0190$, respectivamente). En el mes de Enero, los frutos del cultivar Jacona tuvieron la mayor concentración de N siendo diferente del cultivar Festival. Sin embargo, en el mes de Febrero los cultivares Jacona y Zamorana fueron estadísticamente iguales y diferentes del cultivar Festival. También se encontró una tendencia a incrementar la concentración de N en frutos de los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) con respecto de los frutos del cultivar comercial introducido Festival (Cuadro 25) lo cual puede ser debido a que frutos de los cultivares mexicanos tuvieron una mayor absorción de N.

En el Cuadro 25 se puede observar que para los factores método de desinfección, sustrato y variedad, los frutos tuvieron una mayor concentración de N en el mes de Enero mientras que en los meses de Diciembre y Febrero los porcentajes fueron similares y con concentraciones más bajas respecto del mes de Enero.

Puesto que Wang y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Honeoye una concentración de N de 0.65-1.06 %, se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores superiores en los tres meses de evaluación (Cuadro 25) ya que se pudo haber debido a las diferentes condiciones de los experimentos como la diferencia entre composta y cultivares.

Cuadro 25. Concentración de nitrógeno (N) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Nitrógeno (%)		
		Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.79 a ^x	2.01 a	1.77 a
	Metam Sodio	1.82 a	2.00 a	1.84 a
	Solarización	1.85 a	1.90 a	1.85 a
	Micorriza	1.84 a	1.78 a	1.76 a

	Bacillus subtilis	1.81 a	1.85 a	1.77 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.80 a	1.90 a	1.81 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.86 a	1.91 a	1.78 a
Variedad (V)	Jacona	1.84 a	2.05 a	1.92 a
	Festival	1.77 a	1.76 b	1.62 b
	Zamorana	1.86 a	1.88 a	1.85 ab
V x MD		ns	ns	ns
V x S		s	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.2. Potasio

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato mostró significancia estadística en el contenido de K en frutos de fresa ($P=0.0140$), en el cual, la concentración de K en fruto fue mayor (1.63 %) cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectado con el método químico (metam sodio); sin embargo, el contenido de K fue menor en el cultivar Festival (0.82 %) cuando se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con micorrizas.

No fue significativo el efecto de la interacción variedad x sustrato ($P>0.9641$). Tampoco mostró significancia estadística la interacción del factor método de desinfección x sustrato ($p=0.2908$).

Por otra parte, si hubo efecto altamente significativo de la doble interacción variedad x método de desinfección ($P=0.0001$), en el cual, la concentración de K en fruto fue mayor (1.55 %) cuando se utilizó el método químico (metam sodio) en el cultivar Jacona mientras que, cuando se utilizó el método químico (metam sodio) en el cultivar Festival, se encontró el menor contenido de K (0.85 %) (Figura 62). Además, se encontró que la concentración de K en fruto tiende a incrementar en el cultivar Jacona cuando se

utilizaron los cuatro métodos de desinfección y el testigo en comparación con los cultivares Festival y Zamorana.

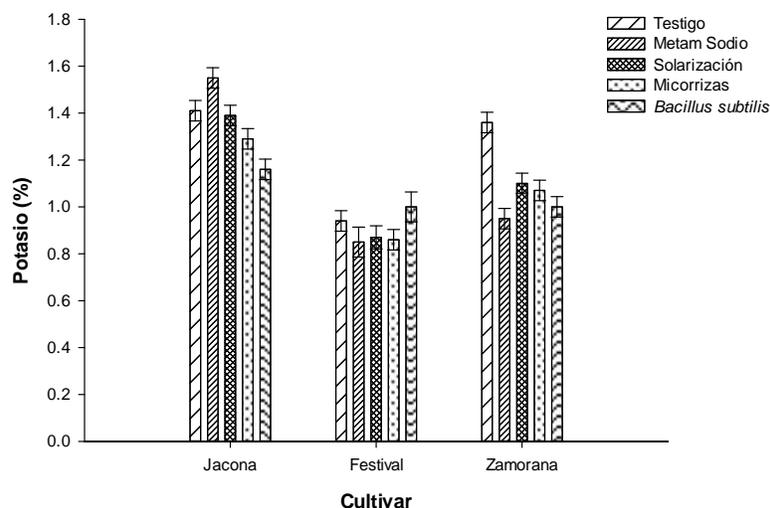


Figura 62. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en hoja de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), en el cual, el testigo (no desinfección) tuvo una concentración de K en fruto estadísticamente superior en comparación con el método químico (metam sodio), micorrizas y *Bacillus subtilis* (Cuadro 26). Sin embargo el testigo no tuvo un buen efecto en la concentración de K en hoja a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) (Cuadro 18) posiblemente porque tuvo mejor efecto en el fruto. Por otra parte Gunes *et al* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de K en fruto de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación, sin embargo, en nuestro estudio no se tuvo el mismo efecto posiblemente por las diferentes condiciones en cada experimento. Los autores encontraron una concentración de Ca en fruto de 1.25-1.78 %.

Los niveles del factor sustrato no mostraron diferencias significativas en el contenido de K en fruto ($P > 0.2520$) (Cuadro 26). Sin embargo Wang y Lin (2002) encontraron que la concentración de K en fruto de fresa se incrementa significativamente cuando se utiliza composta y suelo (1:1) como sustrato en comparación cuando no se utilizó composta.

Por su parte, Singh *et al.* (2010) reportaron que el contenido de K fue mayor en fruto de fresa del cultivar Chandler (1.31 %) cuando se aplicaron lixiviados de vermicomposta vía foliar en comparación con el control (agua).

Los niveles del factor variedad mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), en el cual, frutos del cultivar Jacona tuvieron la mayor concentración de K siendo estadísticamente diferente de los cultivares Zamorana y Festival y estos a su vez también fueron diferentes (Cuadro 26).

Ekholm (2007) encontró en frutos de fresa concentraciones de K de 1.55 %. Por su parte, Mahmood *et al.* (2012) reportaron en frutos de fresa maduros una concentración de K de 3.25-3.30 % en los cultivares Korona y Tufts respectivamente. Wang y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivar Allstar y Honeoye una concentración de N de 1.50-2.32 %, respectivamente. Con base en esos reportes, se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores inferiores en el mes de Diciembre (Cuadro 26). Esta diferencia se pudo haber debido a los diferentes sistemas de producción utilizados en cada experimento.

Cuadro 26. Concentración de potasio (K) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Potasio (%)
Factores	Niveles	Diciembre
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.24 a ^x
	Metam Sodio	1.12 b
	Solarización	1.14 ab
	Micorriza	1.08 b
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.06 b

Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.14 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.12 a
	Variedad (V)	
	Jacona	1.35 a
	Festival	0.91 c
	Zamorana	1.10 b
V x MD		ns
V x S		s
MD x S		ns
V x MD x S		ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.3. Fósforo

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa en los meses de Enero ($P>0.9943$) y Febrero ($P>0.2469$), sin embargo, en el mes de Diciembre la triple interacción si mostró significancia estadística ($P<0.0009$), donde frutos del cultivar Festival tuvieron mayor concentración de P (0.73 %) cuando se produjeron en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método químico (metam sodio), mientras que los frutos del cultivar Jacona producidos en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectados por el método químico tuvieron la menor concentración de P (0.34 %).

No hubo efecto significativo en la interacción variedad x método de desinfección en las tres fechas de evaluación ($P>0.1895$; $P>0.5556$; $P>0.1316$, respectivamente). Tampoco mostraron significancia las interacciones variedad x sustrato ($P>0.0518$; $P>0.3787$; $P>0.2080$) y método de desinfección x sustrato ($P>0.1825$; $P>0.8236$; $P>0.4752$) en las tres fechas de evaluación.

Por otra parte, los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en el contenido de P en fruto en las tres fechas de evaluación ($P>0.3344$; $P>0.1218$; $P>0.1591$, respectivamente) (Cuadro 27). Sin embargo, reportes de Gunes *et al.* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de P en fruto de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula

con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación. Esta diferencia se pudo haber debido a que estos autores en su trabajo únicamente comparan con *Aspergillus* FS9 mientras que en nuestro estudio se comparó con tres métodos de desinfección (químico, físico y micorrizas). Los autores encontraron una concentración de P con valores de 0.34-0.77 %.

Los niveles del factor sustrato no fueron estadísticamente significativos en los meses de Diciembre ($P > 0.4208$) y Febrero ($P > 0.0662$), mientras que en el mes de Enero sí hubo diferencias significativas ($P = 0.0008$), en el cual, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvo una concentración de P en el fruto estadísticamente superior comparado con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 27). Sin embargo, Wang y Lin (2002) encontraron que el contenido de Fósforo en fruto de fresa se incrementa significativamente cuando se utilizó composta y suelo (1:1) como sustrato en comparación cuando no se utilizó composta. Singh *et al.* (2010) reportaron que el contenido de P fue mayor (0.56 %) en el cultivar Chandler cuando se aplicaron lixiviados de vermicomposta vía foliar en comparación con el control (agua). Esta diferencia se pudo haber debido a que la composta tuvo mejor efecto en hoja (Cuadro 19), raíz (Cuadro 33) y tallo (Cuadro 41) donde la composta incrementó P en estos tres órganos.

Entre variedades no hubo diferencias significativas en el mes de Enero ($P > 0.3791$), sin embargo en los meses de Diciembre y Febrero sí hubo significancia estadística ($P < 0.0007$; $P < 0.0012$). En el mes de Diciembre, los frutos de los cultivares Festival y Zamorana tuvieron la mayor concentración de P y fueron diferentes del cultivar Jacona, mientras que en el mes de Febrero los frutos del cultivar Jacona tuvieron más P y fueron estadísticamente diferentes de los frutos de los cultivares Festival y Zamorana (Cuadro 27). La alta concentración de P en estas dos fechas (Diciembre y Febrero) se pudo deber a la alta disponibilidad de P en hoja ya que a los 301 DDT (26 de Diciembre de 2013) y 351 DDT (13 de Febrero de 2014) se tuvieron concentraciones altas de P foliar, pudiendo el P de la hoja moverse a sitios de demanda como el fruto.

En el Cuadro 27 se observa que en los tres factores, el contenido de P en frutos tuvo su menor concentración en el mes de Enero, mientras que en los meses de Diciembre y Febrero la concentración de P en los frutos fue mayor.

Ekholm (2007) encontraron en frutos de fresa concentraciones de P de 0.22 %. Por su parte, Mahmood *et al.* (2012) reportan en frutos de fresa maduros una concentración de P de 0.25-0.26 % en los cultivares Corona y Tufts, respectivamente. Sin embargo, Wang

y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Honeoye una concentración de P de 0.23-0.35 %. Con base en estos reportes, los valores de P en fruto del presente trabajo fueron similares de acuerdo a Wang y Lin (2002) en el mes de Enero (Cuadro 27).

Cuadro 27. Concentración de fósforo (P) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Fósforo (%)		
		Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.42 a ^x	0.37 a	0.44 a
	Metam Sodio	0.45 a	0.38 a	0.47 a
	Solarización	0.44 a	0.35 a	0.44 a
	Micorriza	0.42 a	0.35 a	0.43 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.44 a	0.33 a	0.43 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.43 a	0.38 a	0.45 a

	Composta+	0.44 a	0.33 b	0.43 a
	Peat moss +			
	Agrolita			
	(2:1:1)			
Variedad (V)	Jacona	0.38 b	0.36 a	0.50 a
	Festival	0.47 a	0.34 a	0.43 b
	Zamorana	0.46 a	0.36 a	0.39 b
V x MD		ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns
V x MD x S		s	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.4. Calcio

La interacción triple variedad x método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa en las tres fechas de evaluación ($P>0.2599$; $P>0.1958$; $P>0.5112$, respectivamente). Por su parte, la interacción variedad x método de desinfección no fue significativa en los tres meses de evaluación ($P>0.2256$; $P>0.5929$; $P>0.4175$, respectivamente), ni tampoco las interacciones variedad x sustrato ($P>0.8105$; $P>0.4502$; $P>0.5877$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.4454$; $P>0.7521$; $P>0.5655$, respectivamente).

En los niveles del factor método de desinfección no hubo diferencias significativas en las tres fechas de evaluación ($P>0.3198$; $P>0.9401$; $P>0.2356$, respectivamente) (Cuadro 28). Sin embargo, Gunes *et al.* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en fresa cultivada en contenedores, la concentración de Ca en fruto de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9, o sin inoculación. Los autores encontraron una concentración de Ca en fruto de 0.33-0.52 %.

No se encontraron diferencias significativas en los niveles del factor sustrato en las tres fechas de evaluación ($P>0.2923$; $P>0.0829$; $P>0.7598$, respectivamente) (Cuadro 28). Lo anterior coincide a lo reportado por Wang y Lin (2002) quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de Calcio en frutos de fresa cuando se utilizó composta y suelo como sustrato (1:1) encontrando valores de entre 0.18 y 0.35 %. Sin embargo, Singh *et al.* (2010) reportaron que el contenido de Ca en frutos de fresa del cultivar Chandler fueron mayores (0.14 %) cuando se aplicaron lixiviados de vermicomposta vía foliar en comparación con el control (agua). Posiblemente la

composta no incrementó la concentración en Ca en los frutos debido a que el efecto de esta fue mejor en hoja a los 301 (26 de Diciembre de 2013) y 351 DDT (13 de Febrero de 2014) (Cuadro 20) donde se encontró que la composta incrementó la concentración de Ca en hoja comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1)

Mientras tanto, las diferencias entre los niveles del factor variedad no fueron estadísticamente significativas en los meses de Diciembre ($P>0.2564$) y Enero ($P>0.2604$); sin embargo, en el mes de Febrero si hubo diferencias ($P<0.0135$), donde frutos de los cultivares Festival y Jacona fueron estadísticamente iguales entre ellos pero diferentes respecto del cultivar Zamorana (Cuadro 28).

En el Cuadro 28 se observa que el contenido de Ca en los frutos tuvo la menor concentración en el mes de Enero, mientras que en los meses de Diciembre y Febrero el porcentaje fue mayor y eso sucedió en los factores método de desinfección, sustrato y variedad. De acuerdo a lo anterior, se puede también observar que esto mismo ocurrió en la concentración de P (Cuadro 27) donde las mayores concentraciones ocurrieron en los meses de Diciembre y Febrero.

Hakala *et al.* (2003) reportaron en cultivares de fresa Senga Senganaq \pm Jonsokq \pm Koronaq \pm Polkaq \pm Honeoyeqand \pm Bountyquna concentración de Ca en fruto que varió de 0.16-0.29 % en dos años de evaluación. Por su parte Ekholm (2007) encontró en frutos de fresa concentraciones de Ca de 0.20 %. Sin embargo, Mahmood *et al* (2012) encontraron en frutos de fresa maduros una concentración de Ca de 0.27-0.33 % en los cultivares Korona y Tufts respectivamente. Wang y Lin (2002) reportaron concentraciones de Ca en frutos de fresa de 0.18-0.35 de los cultivar Allstar y Honeoye. Los valores de los tres factores principales tuvieron valores óptimos similares a los reportados por estos autores (cuadro 28).

Cuadro 28. Concentración de calcio (Ca) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Calcio (%)		
		Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.23 a ^x	0.16 a	0.19 a
	Metam Sodio	0.25 a	0.16 a	0.22 a
	Solarización	0.25 a	0.16 a	0.21 a

	Micorriza	0.23 a	0.15 a	0.19 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.23 a	0.16 a	0.20 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.24 a	0.17 a	0.20 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.25 a	0.15 a	0.20 a
	Jacona	0.24 a	0.16 a	0.22 a
	Festival	0.25 a	0.15 a	0.22 a
Variedad (V)	Zamorana	0.23 a	0.17 a	0.18 b
	V x MD	ns	ns	ns
	V x S	ns	ns	ns
MD x S	ns	ns	ns	
V x MD x S	ns	ns	ns	

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.5. Magnesio

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las tres fechas de evaluación ($P>0.2644$; $P>0.5263$; $P>0.2841$, respectivamente). La interacción de los factores variedad x método de desinfección no mostró ser significativa ($P>0.2461$; $P>0.6398$; $P>0.3206$), ni tampoco en las interacciones variedad x sustrato ($P>0.6337$; $P>0.7403$; $P>0.2393$) y método de desinfección x sustrato ($p>0.3329$; $p>0.8426$; $p>0.3928$).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas en las tres fechas de evaluación ($P>0.4149$; $P>0.8542$; $P>0.4002$, respectivamente) (Cuadro 29). Sin embargo, Gunes *et al.* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de Mg en fruto de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación. Los autores encontraron una concentración de Mg con valores de 0.11-0.13 %.

No hubo diferencias significativas en los niveles del factor sustrato en los meses de Enero ($P>0.1212$) y Febrero ($P>0.2291$); sin embargo, en el mes de Diciembre si hubo diferencias ($P<0.0009$), donde la concentración de Mg fue mayor cuando se utilizó el

sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual fue estadísticamente diferente con respecto del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 29). Sin embargo, Wang y Lin (2002) no encontraron diferencias significativas en el contenido de Mg en frutos de fresa cuando se utilizó composta y suelo (1:1) como sustrato y cuando no se utilizó (testigo), teniendo concentraciones de Mg de entre 0.13-0.20 %. Esta diferencia se pudo haber debido al tipo de composta utilizada y la mezcla con otro tipo de sustratos en cada experimento. Los niveles del factor variedad no fueron estadísticamente diferentes en los meses de Diciembre ($P>0.4543$) y Enero ($P>0.1391$); mientras que en el mes de Febrero si hubo significancia estadística ($P<0.0444$), en el cual, frutos de los cultivares Festival y Jacona tuvieron las mayores concentraciones de Mg siendo estadísticamente iguales y diferentes del cultivar Zamorana (Cuadro 29).

Los tres factores principales tuvieron una concentración similar de Mg en los tres meses de evaluación. También se puede observar que en el mes de Enero los frutos tuvieron una menor concentración de Mg en comparación de los meses de Diciembre y Febrero (Cuadro 29). Hakala *et al.* (2003) reportaron en cultivares de fresa Senga Senganaq, Jonsokq, Koronaq, Polkaq, Honeoyeq y Bountyquna concentración de Mg en fruto que varió de 0.11-0.23 % en dos años de evaluación. Por su parte, Ekholm (2007) encontró en frutos de fresa concentraciones de Mg de 0.14 %. Sin embargo, Mahmood *et al.* (2012) encontraron en frutos de fresa maduros una concentración de Ca de 0.16-0.19 % en los cultivares Korona y Tufts respectivamente. Wang y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Honeoye una concentración de N de 0.13-0.20 %. Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Wang y Lin (2002) y Hakala *et al.* (2003) en los tres meses de evaluación (Cuadro 29).

Cuadro 29. Concentración de magnesio (Mg) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Magnesio (%)		
Factores	Niveles	Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección	Testigo	0.26 a ^x	0.21 a	0.25 a
(MD)	Metam Sodio	0.27 a	0.21 a	0.26 a
	Solarización	0.26 a	0.20 a	0.24 a
	Micorriza	0.26 a	0.21 a	0.24 a

	<i>Bacillus subtilis</i>	0.25 a	0.20 a	0.25 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.25 b	0.21 a	0.25 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.28 a	0.20 a	0.24 a
Variedad (V)	Jacona	0.27 a	0.20 a	0.26 a
	Festival	0.26 a	0.20 a	0.26 a
	Zamorana	0.26 a	0.21 a	0.23 b
V x MD		ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.6. Manganeso

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa en las tres fechas de evaluación ($P>0.3303$; $P>0.2131$; $P>0.4025$, respectivamente). Tampoco hubo significancia estadística en las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.7650$; $P>0.3538$; $P>0.2790$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.9570$; $P>0.9462$; $P>0.5073$, respectivamente) en los tres meses de evaluación.

Mientras tanto, en la interacción variedad x sustrato no hubo efecto significativo en los meses de Diciembre ($P<0.7798$) y Enero ($P>0.3352$), sin embargo, en el mes de Febrero la interacción si mostró ser estadísticamente significativa ($P<0.0240$), en el cual, frutos del cultivar Festival producidos en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvieron la mayor concentración de Mn (53.78 ppm), mientras que, los frutos del cultivar Zamorana producidos en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvieron la menor concentración de Mn (10.45 ppm) (Figura 63). También se puede observar en la Figura 63 que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa significativamente la concentración de Mn en un 50 % en los tres cultivares en comparación cuando los cultivares fueron plantados en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Este mismo ocurrió en la

hoja, donde el sustrato elaborado a base de peat moss incrementó significativamente el Mn en los tres cultivares.

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron efecto significativo en la concentración de Mn en fruto de fresa en las tres fechas de evaluación ($P>0.8466$; $P>0.8932$; $P>0.8099$, respectivamente) (Cuadro 30). Sin embargo, Gunes *et al.* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de Mn en fruto de fresa se incrementa en comparación a cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación. Los autores encontraron una concentración de P con valores de 3.0-5.5 ppm.

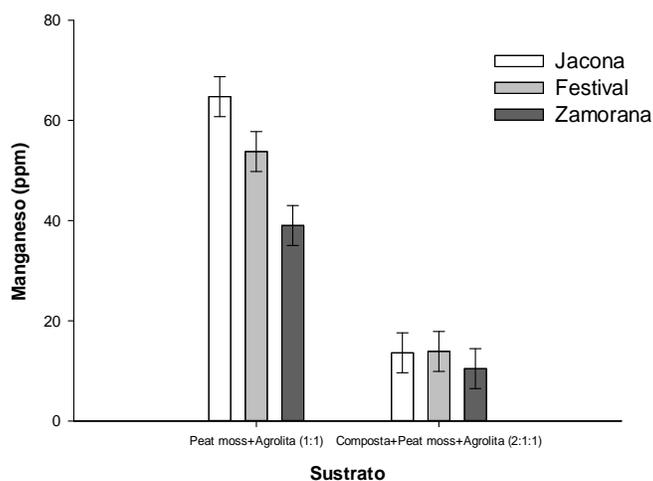


Figura 63. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de manganeso (Mn) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En los niveles del factor sustrato se encontraron diferencias altamente significativas en las tres fechas de evaluación ($P<0.0001$; $P<0.0001$; $P<0.0001$, respectivamente), en el cual, el sustrato a base de peat moss y agrolita mejoró significativamente la concentración de Mn en el fruto en comparación con el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1). Lo anterior coincide con lo encontrado por Wang y Lin (2002) quienes mostraron que la concentración en Mn en fruto disminuyó cuando se utilizó compostacomo sustrato (1:1) encontrando valores de entre 11 y 18 ppm. También se

observa en el cuadro 23 que el uso del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa la concentración de Mn en hoja comparado con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y esto se puede deber a que el peat moss y agrolita suministran más Mn a estos dos órganos.

Por otro lado, los niveles del factor variedad no mostraron diferencias significativas en los meses de Diciembre ($P>0.9443$) y Enero ($P>0.4903$); sin embargo, en el mes de Febrero si hubo significancia estadística ($P<0.0171$), donde frutos del cultivar Jacona tuvieron la mayor concentración de Mn y fueron estadísticamente diferente a los frutos del cultivar Zamorana (Cuadro 30).

En el Cuadro 30 se observa que los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron la menor concentración de Mn en el mes de Enero, mientras que las más altas concentraciones se encontraron en el mes de Diciembre.

Hakala *et al.* (2003) reportaron en cultivares de fresa Senga Senganaq ~~Jonsoq~~ ~~Koronaq~~ ~~Polkaq~~ ~~Honeoyeq~~ ~~Bountyq~~ una concentración de Mg en fruto que varió de 1.19-7.11ppm en dos años de evaluación. Por su parte Ekholm (2007) encontraron en frutos de fresa concentraciones de Mn de 42 ppm. Sin embargo, Mahmood *et al.* (2012) reportaron en frutos maduros de fresa una concentración de Mn de 27.7 y 27.4 ppm en los cultivares Korona y Tufts, respectivamente. Wang y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivares Allstar y Honeoye una concentración de N de 11-25 ppm

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de Mn en fruto de acuerdo a Wang y Lin (2002), Mahmood *et al.* (2012) y Ekholm (2007) en los meses de Enero y Febrero, mientras que en el mes de Diciembre se encontraron valores superiores que no coinciden con los reportes de los autores antes mencionados (Cuadro 30).

Cuadro 30. Concentración de manganeso (Mn) en fruto de tres cultivares de fresas cultivadas en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Manganeso (ppm)		
Factores	Niveles	Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	52.18 ^x	22.46 a	32.18 a
	Metam Sodio	63.87 a	23.26 a	32.62 a
	Solarización	55.05 a	21.97 a	31.42 a
	Micorriza	56.76 a	19.90 a	30.32 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	63.17 a	21.40 a	36.38 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	84.75 a	34.62 a	52.51 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	26.97 b	7.94 b	12.65 b
	Jacona	57.28 a	21.24 a	39.17 a
	Festival	62.75 a	21.71 a	33.83 ab
Variedad (V)	Zamorana	54.52 a	22.28 a	24.74 b
	V x MD	ns	ns	ns
	V x S	ns	ns	s
	MD x S	ns	ns	ns
	V x MD x S	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

4.8.2.7. Hierro

La triple interacción de factores variedad x método de desinfección x sustrato no tuvo efecto significativo en las tres fechas de evaluación ($P>0.9932$; $P>0.7306$; $P>0.9719$, respectivamente). En la interacción método de desinfección x sustrato no hubo significancia estadística en los tres meses de evaluación ($P>0.8629$; $P>0.7316$; $P>0.4146$, respectivamente) ni tampoco en la interacción variedad x sustrato ($P>0.8573$; $P>0.6435$; $P>0.9372$, respectivamente).

Mientras tanto, la interacción de los factores variedad x método de desinfección no mostró ser significativa en los meses de Enero ($P>0.6156$) y Febrero ($P>0.5493$); sin embargo, en el mes de Diciembre si hubo efecto significativo ($P<0.0299$), en el cual, el cultivar Zamorana tuvo la mayor concentración de Fe en fruto cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (114.88 ppm), mientras que frutos del cultivar Festival crecidos en sustratos no desinfectados (testigo) tuvieron la concentración más baja de Fe (45.90 ppm) (Figura 64). Se encontró también, que el testigo (no desinfección) no tuvo un buen efecto en la concentración de Fe en los cultivares Festival y Jacona. Además se muestra que la inoculación con *Bacillus subtilis* incrementa Fe en los cultivares Jacona y Festival, mientras que en el cultivar Zamorana no tiene el mismo efecto ya que Fe se disminuye (Figura 64).

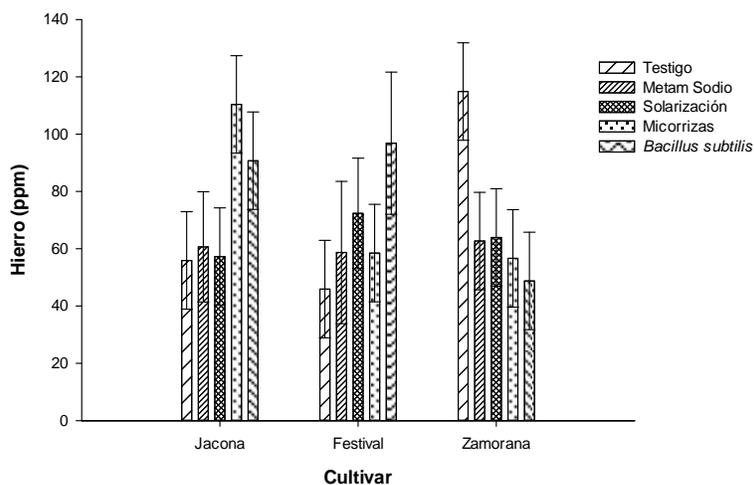


Figura 64. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de hierro (Fe) en fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Diciembre de 2013. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron efecto significativo en el contenido de Fe en frutos en los meses de Diciembre ($P > 0.7664$) y Enero ($P > 0.3987$), sin embargo, en el mes de Febrero si hubo diferencias significativas ($P = 0.0278$), donde el testigo (no desinfección) tuvo una concentración de Fe en frutos estadísticamente mayor comparado con el método físico (solarización) y *Bacillus subtilis* (Cuadro 31). Además se encontró que el uso de los diferentes métodos de desinfección pudo haber limitado la concentración de Fe en el fruto comparado con el testigo. Sin embargo Gunes *et al* (2009) muestran que mediante la inoculación de *Bacillus* FS-3 en contenedores, la concentración de Fe en fruto de fresa se incrementa en comparación cuando se inocula con *Aspergillus* FS9 o sin inoculación. Los autores encontraron una concentración de P con valores de 9-24 ppm

En los niveles del factor sustrato no se encontraron diferencias significativas en el mes de Diciembre ($P > 0.2144$); mientras que en los meses de Enero y Febrero si hubo diferencias significativas ($P < 0.0002$; $P < 0.0001$, respectivamente). Ahí se observa que en los dos meses donde hubo diferencias, frutos producidos en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) tuvieron las mayores concentraciones de Fe siendo estadísticamente diferente del sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 31). Lo anterior coincide con lo reportado por Wang y Lin (2002) quienes encontraron que la concentración de Fe en fruto fue menor cuando se utilizó composta como sustrato con valores de entre 17 y 31 ppm, mientras que en nuestro experimento, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) en las tres evaluaciones se obtuvieron valores de entre 24.32 y 62.78 ppm, y frutos crecidos en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) tuvieron valores de entre 33.37 y 76.36 ppm por lo que se puede decir que un sustrato elaborado a base de composta disminuye el contenido de Fe en el fruto.

En el factor variedad, los niveles no fueron estadísticamente diferentes en el mes de Diciembre ($P > 0.8220$); mientras que en los meses de Enero y Febrero si hubo diferencias ($P < 0.0201$; $P < 0.0050$, respectivamente). En el mes de Enero frutos del cultivar Zamorana tuvieron una mayor concentración de Fe, siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival. Sin embargo, en el mes de Febrero, la concentración de Fe fue mayor en los frutos del cultivar Jacona siendo diferente de los cultivares Zamorana y Festival (Cuadro 31).

También se observa que en los factores método de desinfección, sustrato y variedad, la menor concentración de Fe fue en el mes de Enero, mientras que los valores más altos se encontraron en el mes de Diciembre.

Hakala *et al.* (2003) reportaron en cultivares de fresa Senga Senganaq \pm Jonsoq \pm Koronaq \pm Polkaq \pm Honeoyeq \pm Bountyquna concentración de Fe en fruto que varió de 2.13-4.39ppm en dos años de evaluación. Por su parte, Ekholm (2007) encontraron en frutos de fresa concentraciones de Fe 25 ppm respetivamente. Sin embargo, Mahmood *et al.* (2012) reportaron en frutos de fresa maduros una concentración de Fe de 46.8 y 37.7 ppm en los cultivares Korona y Tufts respetivamente. Wang y Lin (2002) encontraron en frutos de fresa de los cultivar Allstar y Honeoye una concentración de N de 17-33 ppm

Se puede observar que los rres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo Ekholm (2007) y Wang Lin (2002) en el mes de Enero, mientras que valores superiores se encontraron en los meses de Diciembre y Febrero (Cuadro 31) siendo similares a lo reportado por Mahmood *et al.* (2012).

Cuadro 31. Concentración de hierro (Fe) en fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Hierro (ppm)		
Factores	Niveles	Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	72.23 a ^x	29.95 a	55.15 a
	Metam Sodio	60.63 a	31.23 a	44.27 ab
	Solarización	62.88 a	30.41 a	37.89 b
	Micorriza	75.16 a	29.34 a	40.36 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	78.31 a	24.29 a	37.17 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	76.36 a	33.37 a	51.47 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	62.78 a	24.32 b	34.47 b
Variedad (V)	Jacona	75.76 a	28.91 ab	58.52 a
	Festival	64.24 a	23.92 b	36.46 b
	Zamorana	69.37 a	33.34 a	33.92 b

V x MD	s	ns	ns
V x S	ns	ns	ns
MD x S	ns	ns	ns
V x MD x S	ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.2.8. Boro

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las tres fechas de evaluación ($P>0.2851$; $P>0.4658$; $P>0.2879$, respectivamente). Tampoco hubo efecto significativo de las dobles interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.3507$; $P>0.4723$; $P>0.0774$, respectivamente), variedad x sustrato ($P>0.9676$; $P>0.3065$; $P>0.1350$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.4039$; $P>0.7232$; $P>0.1157$, respectivamente) en los tres meses de evaluación.

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en la concentración de B en fruto en los meses de Diciembre ($P>0.5941$) y Enero ($P>0.8191$); pero si en el mes de Febrero ($P<0.0082$), donde el método de desinfección químico (metam sodio) tuvo una concentración de Boro (B) en el fruto estadísticamente superior comparado con *Bacillus subtilis*, micorrizas y método físico (solarización) (Cuadro 31).

Los niveles del factor sustrato no fueron estadísticamente significativos en las tres fechas de evaluación ($P>0.2513$; $P>0.9654$; $P>0.1296$, respectivamente) (Cuadro 31). Lo anterior coincide a lo reportado por Wang y Lin (2002) quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de B en frutos de fresa cuando crecieron en un sustrato elaborado a base de composta y suelo (1:1) y entre aquellos que no tenían composta (testigo).

Por otra parte, en los niveles del factor variedad no se encontraron diferencias significativas en el mes de Diciembre ($P>0.2295$); sin embargo, en los meses de Enero y Febrero si hubo diferencias altamente significativas ($P<0.0001$; $P<0.0011$). En el mes de Enero, los frutos del cultivar Festival tuvieron mayor concentración de B y estadísticamente fueron diferentes de los frutos de los cultivares Zamorana y Jacona; mientras tanto, en el mes de Febrero, los cultivares Jacona y Zamorana fueron estadísticamente iguales y diferentes del cultivar Festival (Cuadro 31).

Los valores de B en frutos del presente trabajo de los tres factores principales tuvieron valores superiores (Cuadro 32) comparados con lo reportado por Wang y Lin

(2002) quienes encontraron en frutos de fresa de los cultivar Allstar y Honeoye una concentración de B de 10-12 ppm.

Cuadro 32. Concentración de boro (B) en fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Boro (ppm)		
Factores	Niveles	Diciembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	84.98 a ^x	33.52 a	30.55 ab
	Metam Sodio	86.43 a	31.62 a	32.82 a
	Solarización	85.49 a	33.30 a	29.80 b
	Micorriza	83.86 a	35.04 a	29.81 b
	<i>Bacillus subtilis</i>	84.19 a	33.93 a	30.24 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	84.19 a	34.26 a	31.09 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	85.83 a	32.78 a	30.20 a
Variedad (V)	Jacona	85.68 a	24.78 b	33.00 a
	Festival	86.06 a	52.63 a	31.69 a
	Zamorana	83.32 a	26.41 b	27.24 b
V x MD		ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3. Raíz

4.8.3.1. Nitrógeno

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 405 DDT ($P>0.9439$); sin embargo, a los 119 DDT la

interacción si mostró significancia estadística ($P < 0.0134$), donde la raíz tuvo mayor concentración de Nitrógeno (N) (2.77 %), cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de composta peat moss y agrolita (2:1:1) y fue desinfectado por el método físico (solarización), mientras que la concentración de N en raíz fue menor (0.83 %) cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) desinfectado con el método químico (metam sodio).

Por otra parte, la interacción variedad x método de desinfección no mostró significancia en las dos fechas de evaluación ($P > 0.1797$; $P > 0.2248$, respectivamente), ni tampoco en la interacción del factor método de desinfección x sustrato mostró ser significativa ($P > 0.5320$; $P > 0.0719$, respectivamente).

Sin embargo, la interacción de los factores variedad x sustrato no fue significativa a los 405 DDT ($P > 0.4813$), mientras que a los 119 si hubo efecto significativo ($P < 0.0096$), en el cual, la concentración de N en raíz fue mayor (1.87 %) cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), mientras que el contenido de N en raíz fue menor en el cultivar Festival (1.04 %) cuando estese plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 65). También se encontró que los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) incrementaron el contenido de N cuando estas se plantaron en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Figura 65).

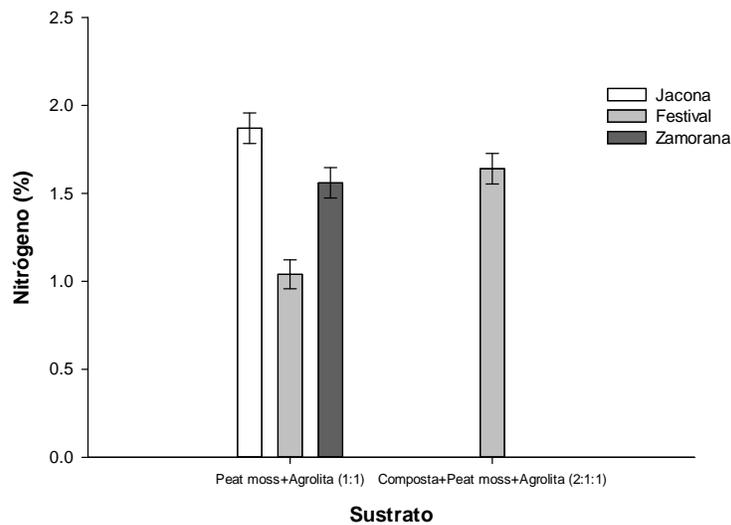


Figura 65. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de nitrógeno (N) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo a los 405 DDT ($P > 0.1543$), mientras que a los 119 DDT si hubo diferencias ($P < 0.0119$), donde el método de desinfección físico (solarización) tuvo una concentración de N en raíz estadísticamente superior en comparación con el método químico (metam sodio) (Cuadro 33).

Los niveles del factor sustrato mostraron diferencias altamente significativas en las dos fechas de evaluación ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$), donde la concentración de N en raíz fue mayor cuando creció en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual fue estadísticamente diferente del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde el contenido de N en raíz fue menor (Cuadro 33). Este mismo efecto sucedió en hoja (Cuadro 17) y tallo (Cuadro 41) donde la composta incrementa la concentración de N en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) por lo que la composta es un buen sustrato que suministra el N necesario a excepción del fruto donde

En lo que respecta a los niveles del factor variedad, estos no fueron diferentes a los 405 DDT ($P > 0.5815$), mientras que a los 119 DDT si hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), donde el contenido de N en raíz fue mayor en el cultivar Jacona estadísticamente diferente de los cultivares Zamorana y Festival (Cuadro 33).

En el Cuadro 33 se observa en los factores método de desinfección, sustrato y variedad, que la concentración de N en raíz tuvo una disminución significativa de aproximadamente 25% a los 405 DDT, mientras que a los 119 DDT la concentración en los tres factores fue mayor. Esto se pudo haber debido a la edad de la raíz ya que a los 119 DDT acumuló más N debido a que se encontraba en crecimiento, sin embargo, a los 405 DDT este N se pudo haber distribuido a otros órganos como hoja y fruto principalmente, por lo que la concentración para esta fecha fue baja. Esto coincide con lo que Gagnon *et al.* (1990) encontraron en el contenido de N en raíz en el cultivar Tristar que se vio disminuida durante el periodo de fructificación observándose además un incremento de N cuando se removían los frutos.

Ersoy y Demirsoy (2006) encontraron en la raíz del cultivar Camorosa una concentración de N de 1.13 a 2.24 %. Sin embargo, Demirsoy *et al.* (2012) reportaron 0.62 % de N en raíz de fresa. Los valores del presente estudio son similares a lo reportado por Erson y Demirsoy (2006) (Cuadro 33).

Cuadro 33. Concentración de nitrógeno (N) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Nitrógeno (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.58 ab ^x	1.07 a
	Metam Sodio	1.47 b	1.11 a
	Solarización	1.81 a	1.14 a
	Micorriza	1.67 ab	1.19 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.57 ab	1.16 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.47 b	1.03 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.79 a	1.23 a
Variedad (V)	Jacona	2.06 a	1.18 a
	Festival	1.32 b	1.11 a
	Zamorana	1.50 b	1.10 a
V x MD		ns	ns
V x S		s	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		s	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.2. Potasio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa a los 119 DDT ($P>0.7366$); sin embargo, a los 405 DDT la interacción si mostró significancia estadística ($P=0.0345$), en el cual, la concentración de Potasio (K) en raíz fue mayor (1.50 %) cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con micorrizas, mientras que la menor concentración de K (0.95 %) se encontró cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) inoculado con micorrizas. Debido

a lo anterior se puede decir que el efecto que tiene la micorriza en el contenido de K puede variar de acuerdo al cultivar y medio en el cual se inocula.

No hubo significancia estadística en la interacción variedad x sustrato a los 119 (P= 0.5618) y 405 DDT (P>0.4060). Sin embargo, la interacción del factor método de desinfección x sustrato si fue estadísticamente significativa a los 405 DDT (p=0.0045), en el cual, el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1.1) inoculado con *Bacillus subtilis* tuvo una concentración de K mayor (1.34 %), mientras que, la menor concentración de K se encontró cuando el sustrato de peat moss y agrolita (1:1) fue desinfectado por el método químico (metam sodio). Sin embargo, a los 119 DDT la interacción no mostró ser significativa (P>0.4424) (Figura 66). También se encontró en la última evaluación (405 DDT), que al desinfectar el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) con el método químico (metam sodio) la concentración de K en la raíz se ve afectada, por lo que el uso de este producto no tiene un efecto favorable en ambos sustratos (Figura 66).

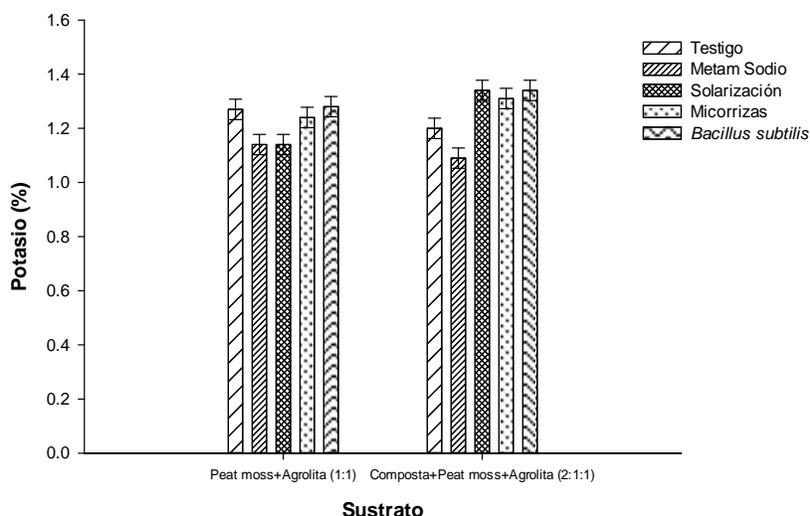


Figura 66. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

La interacción de los factores variedad x método de desinfección no fue significativa a los 119 DDT (P>0.4424), mientras que a los 405 DDT si hubo significancia estadística en la interacción (P=0.0059), en el cual, la concentración de K fue mayor en raíz (1.42 %) del cultivar Jacona inoculada con micorrizas, mientras que la menor concentración (1.02 %) se encontró en el cultivar Zamorana cuando no se utilizó ningún método de

desinfección (testigo) (Figura 67). Además se encontró que el método químico (metam sodio), testigo (no desinfección) y la inoculación de *Bacillus subtilis* mejoró la concentración de K en el cultivar Jacona, mientras que las raíces del cultivar Festival tuvo una mejor concentración de K en las raíces cuando se utilizó el método físico (solarización) (Figura 67).

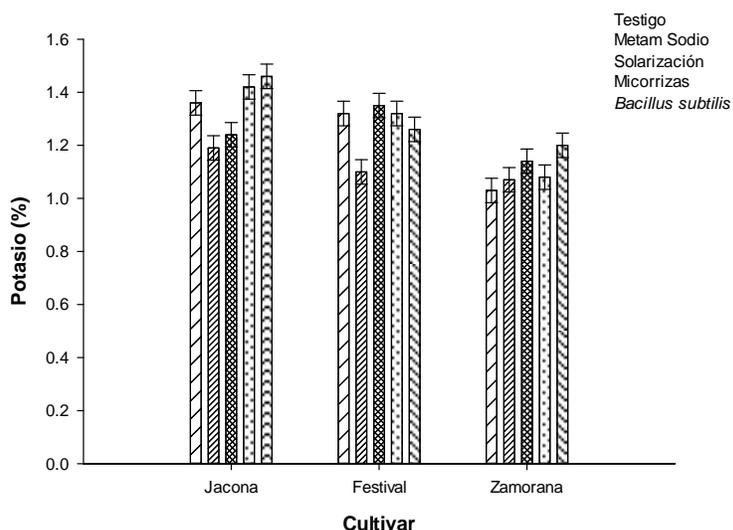


Figura 67. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos de desinfección bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en la concentración de K en raíces a los 119 DDT ($P > 0.3951$), sin embargo, a los 405 DDT si hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), donde la concentración de K en raíz fue mayor cuando se utilizó *Bacillus subtilis*, método físico (solarización), micorrizas como método de desinfección y el testigo (no desinfección) los cuales fueron diferentes respecto de del método químico (metam sodio) (Cuadro 34). Este efecto fue similar en a los 405 DDT en hoja (Cuadro 18) donde *Bacillus subtilis* mejoró la concentración de K concluyendo que este microorganismo fue benéfico para incrementar la concentración en raíz y hoja.

No hubo significancia estadística en los niveles del factor sustrato a los 405 DDT ($P > 0.0832$), sin embargo, a los 119 DDT si se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo una concentración de K estadísticamente mayor comparado con

el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 34). Este mismo efecto fue igual en hoja (Cuadro 18) y tallo (Cuadro 42) donde la composta incrementó la concentración de K en estos dos órganos por lo que el uso de composta mejora K en la parte vegetativa de la fresa ya que en la parte reproductiva (fruto) fue similar con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita.

En los niveles del factor variedad no hubo diferencias significativas a los 119 DDT ($p>0.9979$), mientras que a los 405 DDT si hubo diferencias altamente significativas ($p<0.0001$), donde el mayor contenido K se encontró en las raíces del cultivar Jacona, siendo diferente de los cultivares Festival y Zamorana (Cuadro 34).

Demirsoy *et al.* (2010) encontraron que el contenido de K en raíz del cultivar Sweet Charlie varió de 0.62 a 1.03 %. Sin embargo Erson y Demirsoy (2006) reportaron que K en raíz tuvo valores de entre 0.53 y 1.24 % en el cultivar Camarosa. Demirsoy *et al.* (2012) encontraron K en concentración de 1.59 y 3.04 %. May *et al.* (1994) encontraron en fresa en el cultivar Earliglow una concentración de K en raíz de 0.7-1.0 %.

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Demirsoy *et al.* (2010), Erson y Demirsoy (2006) y May *et al.* (1994) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 34). Sin embargo nuestros datos no coinciden a lo reportado por Demirsoy *et al.* (2012).

Cuadro 34. Concentración de potasio (K) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Potasio (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección n (MD)	Testigo	0.86 a ^x	1.23 a
	Metam Sodio	0.81 a	1.12 b
	Solarización	0.77 a	1.24 a
	Micorriza	0.58 a	1.28 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.68 a	1.31 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.53 b	1.21 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.01 a	1.26 a
Variedad (V)	Jacona	0.74 a	1.33 a
	Festival	0.76 a	1.27 b
	Zamorana	0.76 a	1.10 c
V x MD		ns	s
V x S		ns	ns
MD x S		ns	s
V x MD x S		ns	s

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.3. Fósforo

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las dos fechas de evaluación ($P>0.3313$; $P>0.3622$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x método de desinfección no fue significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.2535$; $P>0.1787$, respectivamente) ni tampoco la interacción método de desinfección x sustrato ($P>0.1305$; $P>0.9998$, respectivamente).

La interacción variedad x sustrato no mostró significancia estadística a los 405 DDT ($P>0.2358$), mientras que a los 119 DDT la interacción si fue significativa ($P<0.0359$), donde el contenido de P en raíz fue mayor (0.35 %) cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1), mientras que el mismo cultivar plantado en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita tuvo

la menor concentración de P en raíz (0.17 %) (Figura 68). Sin embargo, los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) tuvieron diferencias significativas cuando se plantaron en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde el cultivar Zamorana tuvo más P en comparación con el cultivar Jacona (Figura 68).

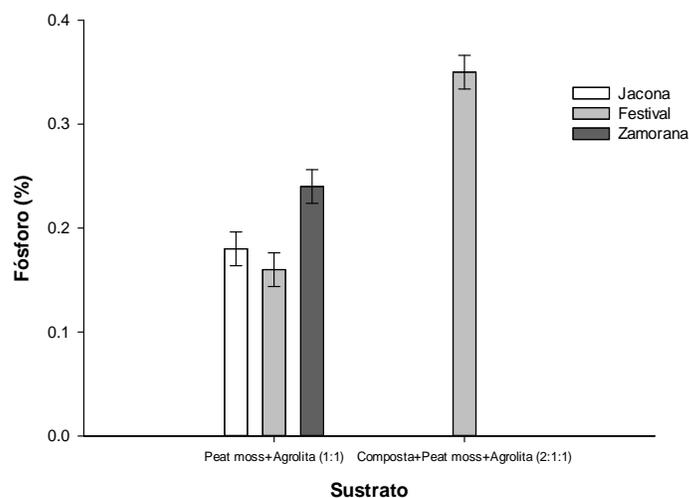


Figura 68. Efecto de la interacción variedad x sustrato en la concentración de fósforo (P) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas en el contenido de P en raíz en las dos fechas de evaluación ($P > 0.1023$; $P > 0.1057$, respectivamente) (Cuadro 35). Se puede observar que tampoco hubo efecto de los métodos de desinfección sobre la concentración de P en hoja (Cuadro 19), tallo (Cuadro 43) y frutos (Cuadro 27) en las diferentes fechas de evaluación por lo que la concentración P no cambia al utilizar cualquiera de los cuatro métodos de desinfección y el testigo.

Sin embargo, en los niveles del factor sustrato si hubo diferencias altamente significativas en las dos fechas de evaluación ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectivamente), en el cual el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita incrementó significativamente el contenido de P en raíz el cual fue estadísticamente superior en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde la concentración de P fue menor (Cuadro 35). Este mismo efecto se observó en hoja (Cuadro 19) y tallo (Cuadro 43) donde la concentración fue mayor cuando se utilizó

composta como sustrato y esto se pudo haber debido a que la composta suministró mayor fósforo en la parte vegetativa (hoja, raíz y tallo).

No hubo diferencias significativas en los niveles del factor variedad a los 119 DDT ($P > 0.1701$), mientras que a los 405 DDT si hubo significancia ($P < 0.0281$), donde, el contenido de P en raíz fue mayor en el cultivar Jacona siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival (Cuadro 35).

También se observa que en general la concentración de P en la raíz no tuvo un aumento significativo en los tres factores principales.

Demirsoy *et al.* (2010) encontraron una concentración de P de 0.22 a 0.52 % en el cultivar Sweet Charlie. Sin embargo, Ersoy y Demirsoy (2006) reportaron que el contenido de P en raíz varió de 0.24 a 0.30 % en el cultivar Camarosa. Por su parte, Demirsoy *et al.* (2012) encontraron un contenido de P en raíz de 0.19-0.29%.

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Demirsoy *et al.* (2010), Erson y Demirsoy (2006), Demirsoy *et al.* (2012) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 35), mientras que nuestros valores no coinciden a lo reportado por May *et al.* (1994) quienes encontraron en el cultivar Earliglow de fresa una concentración de P en raíz de 0.12-0.14 %.

Cuadro 35. Concentración de fósforo (P) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Fósforo (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.29 a ^x	0.24 a

	Metam Sodio	0.30 a	0.26 a
	Solarización	0.26 a	0.26 a
	Micorriza	0.24 a	0.28 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.25 a	0.28 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.20 b	0.22 b
	Composta+	0.35 a	0.30 a
	Peat moss + Agrolita (2:1:1)		
Variedad (V)	Jacona	0.25 a	0.29 a
	Festival	0.26 a	0.25 b
	Zamorana	0.29 a	0.26 ab
V x MD		ns	ns
V x S		s	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.4. Calcio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.0516$; $P>0.2704$). Tampoco hubo significancia estadística en la doble interacción variedad x sustrato ($P>0.9200$; $P>0.1132$).

Por su parte, la interacción método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa a los 119 DDT ($P>0.7209$); sin embargo, a los 405 DDT la interacción si fue significativa a ($P<0.0239$), donde la concentración de Ca en raíz fue mayor cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado por el método físico (solarización) (0.97 %) mientras que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo) se encontró la menor concentración de Ca en raíz (Figura 69). También se observa que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectado con los diferentes métodos de desinfección incrementó el contenido de Ca en las raíces en comparación cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) fue desinfectado donde tuvo los valores más bajos de Ca en la raíz (Figura 69).

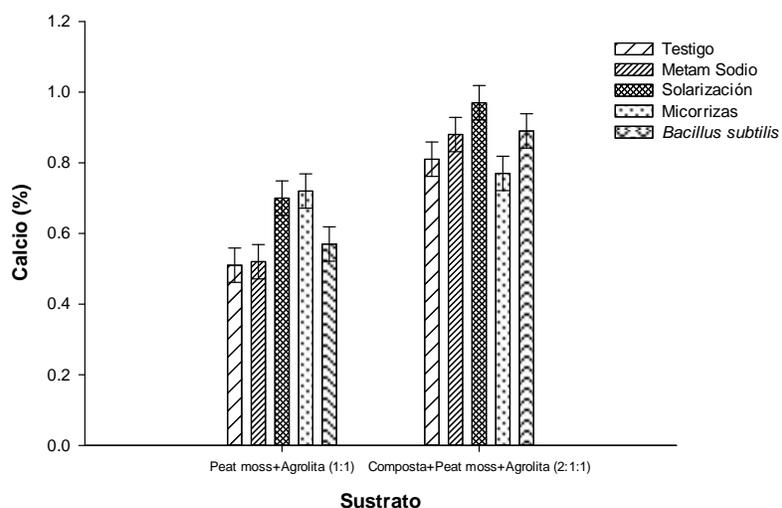


Figura 69. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otro lado, la interacción variedad x método de desinfección no fue significativa a los 119 DDT ($P > 0.0912$); sin embargo, a los 405 DDT la interacción sí mostró significancia estadística ($P < 0.0071$), donde el contenido de Ca fue mayor (0.81 %) cuando en el cultivar Festival no se utilizó ningún método de desinfección (testigo), mientras que, el contenido de Ca en raíz fue menor (0.48 %) cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (Figura 70). Se encontró también que el cultivar Jacona tuvo los mayores concentraciones de Ca cuando se utilizó el método químico (metam sodio), físico (solarización) y la inoculación de *Bacillus subtilis* como métodos de desinfección, mientras que la raíz del cultivar Zamorana tuvo una mejor concentración cuando se utilizaron micorrizas (Figura 70).

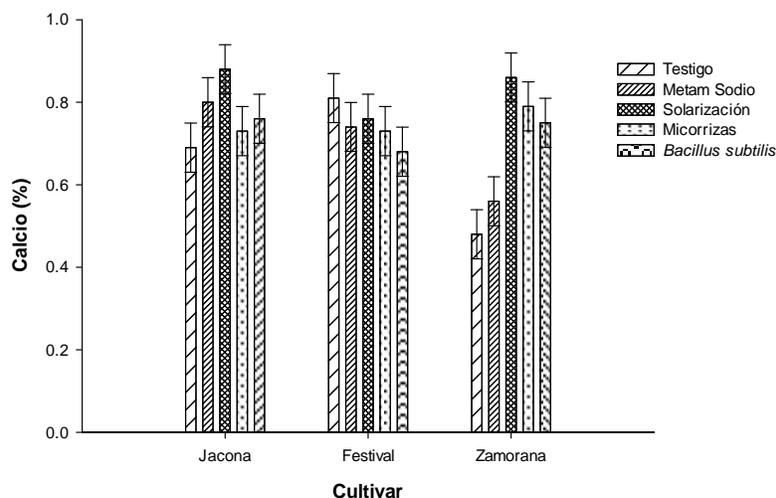


Figura 70. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en el contenido de Ca en la raíz a los 119 DDT ($P > 0.6904$), sin embargo, a los 405 DDT si hubo diferencias significativas ($P = 0.0104$), donde el método de desinfección físico (solarización) tuvo una concentración de Ca en raíz estadísticamente mayor comparado con el testigo (no desinfectado) (Cuadro 36).

Hubo efecto altamente significativo en los niveles del factor sustrato en las dos fechas de evaluación ($P < 0.0001$; $P < 0.0001$, respectivamente), donde el contenido de Ca en raíz fue mayor cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) el cual fue estadísticamente diferente del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde la concentración de Ca en raíz fue menor (Cuadro 36). Este efecto fue igual en hoja (Cuadro 20) y tallo (Cuadro 44) donde la composta incrementa la concentración de Ca por lo que el sustrato elaborado a a base de composta tuvo un mayor efecto en la parte vegetativa de la planta (hoja, raíz y tallo).

Para los niveles del factor variedad no hubo diferencias significativas en las dos fechas de evaluación ($P > 0.2776$; $P > 0.2920$, respectivamente) (Cuadro 36).

En el Cuadro 36 se observa que la concentración de Ca en los tres factores principales disminuyó significativamente a los 405 DDT.

Demirsoy *et al* (2010) encontró una concentración de Ca en raíz de 0.18-0.85 %. Por su parte, May *et al* (1994) reportaron en fresa en el cultivar Earliglow una concentración de

Ca en raíz de 0.60-1.15 %, con lo cual coinciden lo valores de Ca en raíz en el presente estudio a los 119 y 405 DDT (Cuadro 36).

Cuadro 36. Concentración de calcio (Ca) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Calcio (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.17 a ^x	0.66 b
	Metam Sodio	1.31 a	0.70 ab
	Solarización	1.19 a	0.83 a
	Micorriza	1.12 a	0.75 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.16 a	0.73 ab
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.83 b	0.60 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.61 a	0.86 a
Variedad (V)	Jacona	1.15 a	0.77 a
	Festival	1.32 a	0.74 a
	Zamorana	1.10 a	0.69 a
V x MD		ns	s
V x S		ns	ns
MD x S		ns	s
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.5. Magnesio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no mostró ser estadísticamente significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.9821$; $P>0.1097$, respectivamente). Tampoco hubo efecto significativo en la interacción variedad x método de desinfección en las dos fechas de evaluación ($P>0.0684$; $P>0.1072$, respectivamente) y tampoco en las interacciones variedad x sustrato ($P>0.8955$; $P>0.8157$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.3992$; $P>0.9122$, respectivamente).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en la concentración de Mg en raíz a los 405 DDT ($P>0.2081$), sin embargo, a los 119 DDT si hubo diferencias significativas ($P<0.04389$), donde el método de desinfección químico (metam sodio) y físico (solarización) tuvieron un contenido de Mg en raíz estadísticamente mayor que las micorrizas (Cuadro 37).

Para los niveles del factor sustrato, estos fueron altamente significativos en las dos fechas de evaluación ($P<0.0001$; $P<0.0001$, respectivamente), donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el contenido de Mg en la raíz en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 37). Este mismo efecto se observó en la concentración de Mg en hoja (Cuadro 21) donde el sustrato elaborado a base de composta mejoró la concentración por lo que la composta tuvo un mayor efecto en raíz y hoja.

Sin embargo, los niveles del factor variedad no mostraron ser diferentes en las dos fechas de evaluación ($P>0.7798$; $P>0.1182$, respectivamente). En el Cuadro 37 se observa que los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron un incremento en el contenido de Mg en la raíz a los 405 DDT, mientras que a los 119 DDT la concentración fue menor (Cuadro 37).

May *et al.* (1994) encontraron en fresa en el cultivar Earliglow una concentración de Mg en raíz de 0.32-0.42 %, valores similares encontrados en los tres factores principales a los 405 DDT, pero inferiores a los 119 DDT (Cuadro 37).

Cuadro 37. Concentración de magnesio (Mg) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Magnesio (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.19 ab ^x	0.49
	Metam Sodio	0.23 a	0.53 a
	Solarización	0.20 a	0.55 a
	Micorriza	0.14 b	0.55 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.17 ab	0.53 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.14 b	0.48 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.24 a	0.58 a
	Jacona	0.19 a	0.51 a
	Festival	0.18 a	0.56 a
Variedad (V)	Zamorana	0.20 a	0.52 a
	V x MD		ns
V x S		ns	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.6. Hierro

No fue significativa la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las dos fechas de evaluación ($P>0.1306$; $P>0.5197$, respectivamente). Tampoco mostraron ser estadísticamente significativas las interacciones variedad x método de desinfección ($P>0.8839$; $P>0.7419$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.4478$; $P>0.5438$, respectivamente) en las dos fechas de evaluación.

La interacción variedad x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 405 DDT ($P>0.1092$), sin embargo, a los 119 DDT, la interacción si fue significativa ($P<0.0077$), en el cual, la concentración de hierro (Fe) fue mayor cuando el cultivar Zamorana (701.67 ppm) se plantó en el sustrato de peat moss y agrolita (1:1), mientras que la concentración de Fe fue menor en el cultivar Festival (402.67 ppm) cuando se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Figura 71).

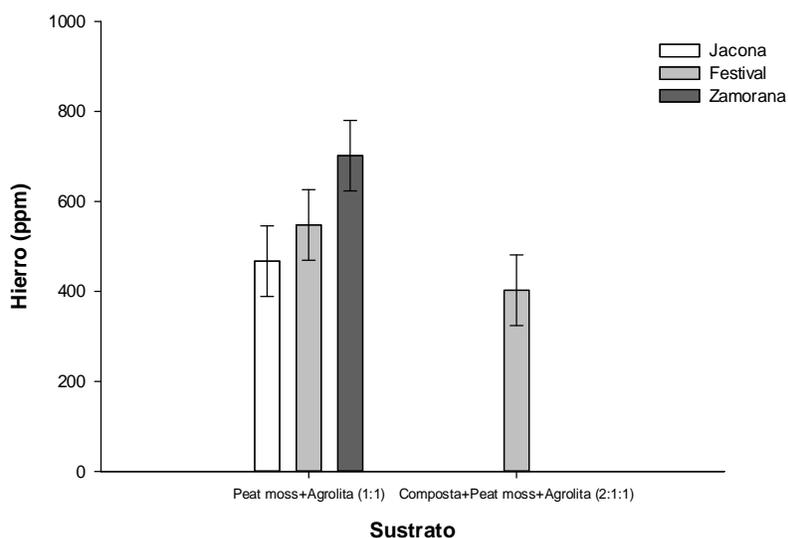


Figura 71. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de hierro (Fe) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 119 DDT (17 de Junio de 2013). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=3$).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en las dos fechas de evaluación ($P>0.1263$; $P>0.9628$, respectivamente) (Cuadro 38). Sin embargo, a los 119 DDT, el testigo tuvo una tendencia de incrementar la concentración de Fe en las raíces, mientras que a los 405 DDT, las micorrizas tuvieron un efecto positivo en el contenido de Fe al incrementarlo.

No hubo diferencias en los niveles del factor sustrato en las dos evaluaciones ($P > 0.0572$; $P > 0.2847$, respectivamente) (Cuadro 38). Se observa que aunque no hubo diferencias significativas, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo una tendencia de incrementar el contenido de Fe en la raíz.

Por otra parte, no hubo significancia estadística en los niveles del factor variedad a los 405 DDT ($P > 0.3217$), mientras que a los 119 DDT si hubo diferencias estadísticamente diferentes ($P = 0.0129$), donde la concentración de Fe fue mayor en las raíces del cultivar Zamorana, siendo estadísticamente diferente del cultivar Festival (Cuadro 38).

También se puede observar que en las dos fechas de evaluación, los cultivares mexicanos (Jacona y Zamorana) tuvieron mejor contenido de Fe en raíces en comparación con las raíces del cultivar Festival las cuales tuvieron menor contenido de Fe, lo pudo haber sido a que los cultivares mexicanos tienen mas capacidad de absorción de Fe comparado con Festival.

Demirsoy *et al.* (2012) reportaron una concentración de Fe en raíz de 540.3-400.6 ppm. Por su parte, May *et al.* (1994) encontraron una concentración de Fe en raíz de 800 a 2700 ppm ya que la raíz y tallo son los órganos que más acumulan Fe (Albrechts y Howard, 1980). Con base en estos reportes se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Demirsoy *et al.* (2012) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 38), mientras que de acuerdo a lo reportado por May *et al.* (1994) nuestros valores están muy por debajo. Estas diferencias se pueden deber a las condiciones a la que se cultivó la fresa, cultivar y nutrición adicionada en los experimentos.

Cuadro 38. Concentración de hierro (Fe) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Hierro (ppm)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	758.90 a ^x	555.80 a
	Metam Sodio	558.90 a	487.10 a
	Solarización	581.10 a	563.00 a
	Micorriza	622.90 a	586.50 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	560.30 a	528.80 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	572.22 a	496.65 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	666.22 a	591.87 a
Variedad (V)	Jacona	622.96ab	601.46 a
	Festival	475.17 b	456.01 a
	Zamorana	765.37 a	575.31 a
V x MD		ns	ns
V x S		s	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.3.7. Boro

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no mostró significancia estadística a los 405 DDT ($P > 0.2088$). No fue significativo el efecto de la interacción variedad x sustrato ($P > 0.9447$), ni tampoco la interacción del factor método de desinfección x sustrato ($P > 0.5116$), mientras que la interacción variedad x método de desinfección sí hubo significancia estadística ($P < 0.0069$), donde la concentración de Boro (B) en raíz se incrementó en el cultivar Jacona cuando se utilizó micorrizas (124.91 ppm); sin embargo, la concentración de B disminuyó cuando en el cultivar Zamorana no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) (57.76 ppm) (Figura 72). Además se observa en la Figura 72 que Jacona tuvo una buena concentración de B en raíz cuando se utilizó el método químico (metam sodio), *Bacillus subtilis* y cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo). Sin embargo, las raíces del cultivar Festival incrementaron su concentración de B cuando se utilizó el método físico (solarización) como método de desinfección. Por último, el cultivar Zamorana tuvo los valores más bajos de B en raíz en todos los tratamientos.

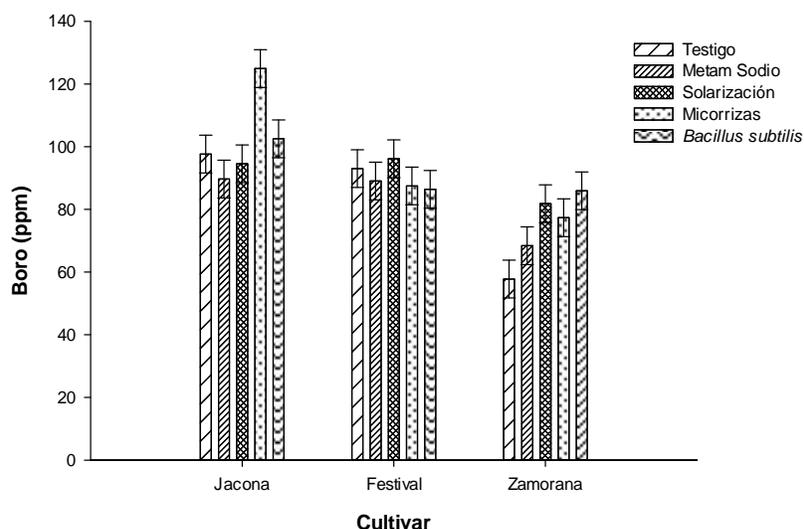


Figura 72. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de boro (B) en raíz de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) ($n=3$).

Los niveles del factor método de desinfección mostraron diferencias estadísticas en el contenido de B en raíz a los 405 DDT ($P < 0.0228$), en el cual, el uso de micorrizas tuvieron un contenido de B en raíz estadísticamente superior que el método de desinfección químico (metam sodio) (Cuadro 39).

Por otra parte, si hubo efecto significativo en los niveles del factor sustrato a los 405 DDT ($P < 0.0001$), en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el contenido de B en raíz en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde el contenido de B en raíz fue menor (Cuadro 39). Este mismo efecto se encontró en hoja y tallo donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) incrementó la concentración de B (Cuadro 24) lo pudo haber sido a que la composta suministrará B suficiente a la parte vegetativa (hoja, raíz y tallo) ya que el B es altamente móvil cuando se adiciona composta al suelo (Hargreaves *et al.*, 2009).

Mientras tanto, los niveles del factor variedad fueron altamente significantes a los 405 DDT ($P < 0.0001$), en el cual, la raíz del cultivar Jacona tuvo el mayor contenido de B siendo estadísticamente diferente de los cultivares Festival y Zamorana (Cuadro 39).

Se puede observar (Cuadro 39) que los tres factores principales tuvieron valores superiores a los 405 DDT comparado a los valores reportado por May *et al.* (1994) en el cultivar Earliglow (22-24 ppm), lo cual pudo deberse a las condiciones a las que se llevó a cabo el experimento, ya que en nuestro experimento se utilizaron sustratos y en el experimento de May *et al.* (1994) utilizaron un suelo franco.

Cuadro 39. Concentración de boro (B) en raíz de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Boro (ppm)
Factores	Niveles	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	82.80 ab ^x
	Metam Sodio	82.37 b
	Solarización	90.84 ab
	Micorriza	96.57 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	91.60 ab
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	80.88 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	96.79 a
Variedad (V)	Jacona	101.85 a
	Festival	90.41 b
	Zamorana	74.25 c
V x MD		s
V x S		ns
MD x S		ns
V x MD x S		ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.4. Tallo

4.8.4.1. Nitrógeno

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.4167$; $P>0.5575$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x método de desinfección tampoco fue estadísticamente significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.4377$; $P>0.2427$ respectivamente), ni tampoco las interacciones variedad x sustrato ($P>0.5767$;

P>0.9959, respectivamente) y método de desinfección x sustrato (P>0.0700; P>0.1989, respectivamente).

Por otra parte los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en las dos fechas de evaluación (P>0.2251; P>0.1615, respectivamente) (Cuadro 40).

En los niveles del factor sustrato no hubo diferencias a los 405 DDT (P>0.1615), mientras que a los 119 DDT si hubo diferencia estadística (P<0.0190), en el cual, el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) tuvo una concentración de Nitrógeno (N) en tallo estadísticamente mayor comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 40).

En los niveles del factor variedad no hubo diferencias significativas a los 119 DDT (P>0.6779), mientras que a los 405 DDT si hubo significancia (P<0.0331), en el cual, la concentración de N fue mayor en la tallo del cultivar Jacona siendo significativamente diferente del cultivar Zamorana (Cuadro 40).

En el Cuadro 40 se observa que en los tres factores principales hay un ligero incremento en el contenido de N en tallo a los 405 en comparación a los 119 DDT.

Demirsoy *et al.* (2010) reportan que el contenido de N incrementa en primavera y se disminuye en el periodo de floración, fructificación y cosecha. Por su parte, Ersoy y Demirsoy (2006) encontraron que el contenido de N en cTallo varió de 0.82-1.98 % en el cultivar Camarosa. Sin embargo, Demirsoy *et al.* (2012) encontró en tallo una concentración de N de 0.82-1.14 %. Stanislavljevix *et al.* (1997) reportaron una concentración de N de 0.92 % en tallotallos de fresa.

Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Erson y Demirsoy (2006), Demirsoy *et al.* (2012) y Stanislavljevix *et al.* (1997) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 40).

Cuadro 40. Concentración de nitrógeno (N) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Nitrógeno (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.19 a ^x	1.14 a
	Metam Sodio	0.99 a	1.36 a
	Solarización	1.07 a	1.19 a
	Micorriza	1.01 a	1.17 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.97 a	1.15 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.00 b	1.19 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.11 a	1.22 a
	Jacona	0.98 a	1.34 a
Variedad (V)	Festival	1.12 a	1.22 ab
	Zamorana	1.05 a	1.05 b
V x MD		ns	ns
V x S		ns	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.4.2. Potasio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue significativa a los 119 (P>0.3997) y 405 DDT (P>0.1090). Tampoco hubo efecto significativo en la interacción variedad x sustrato en las dos fechas de evaluación (P>0.1054; P>0.0672, respectivamente).

Sin embargo, aunque en la interacción de los factores método de desinfección x sustrato no se encontró significancia estadística a los 119 DDT (P>0.1301), a los 405 DDT la interacción si mostró ser estadísticamente significativa (P=0.0034). Aquí, la

concentración de K fue mayor (2.67 %) cuando el sustrato elaborado con composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado por solarización, mientras que la menor concentración de K (2.0 %) se encontró cuando el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue desinfectado con el químico metam sodio (Figura 73). Además se observa que la inoculación de *Bacillus subtilis* en los dos sustratos no tuvo un buen efecto en la concentración de K en tallo. También se reporta que el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo) mejoró el contenido de K en comparación con los demás métodos de desinfección (Figura 73).

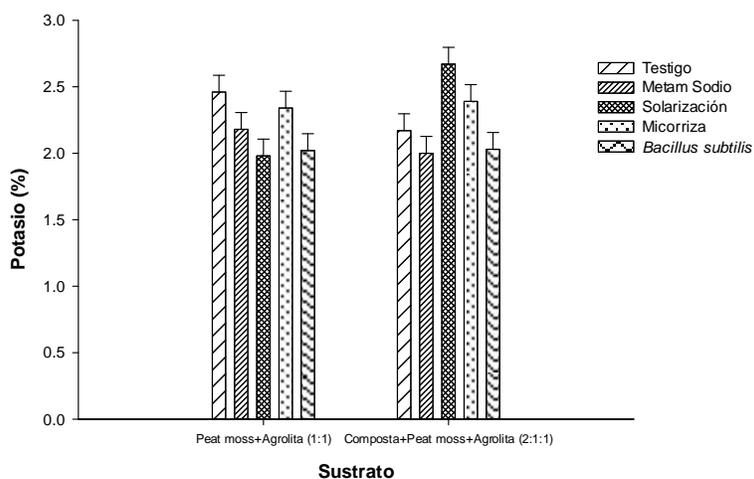


Figura 73. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en la concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En la interacción variedad x método de desinfección no fue significativa estadísticamente a los 119 DDT ($P > 0.7248$); sin embargo, a los 405 DDT la interacción sí lo fue ($P = 0.0273$), donde la mayor concentración de K en tallo (3.11 %) se encontró cuando en el cultivar Festival se utilizó el método físico (solarización) como método de desinfección, mientras que, la menor concentración de K (1.62 %) se encontró cuando en el cultivar Festival los sustratos fueron inoculados con *Bacillus subtilis*. Además se observa que el cultivar Festival mejoró el contenido de K cuando se utilizó micorrizas como método de desinfección y el testigo (no desinfección) (Figura 74). También se muestra en la figura 74 que el tallo del cultivar Zamorana tuvo la mejor concentración cuando se inoculó con *Bacillus subtilis*, mientras que el cultivar Jacona tuvo los valores más bajos de K en casi todos los métodos de desinfección a excepción de *Bacillus subtilis*.

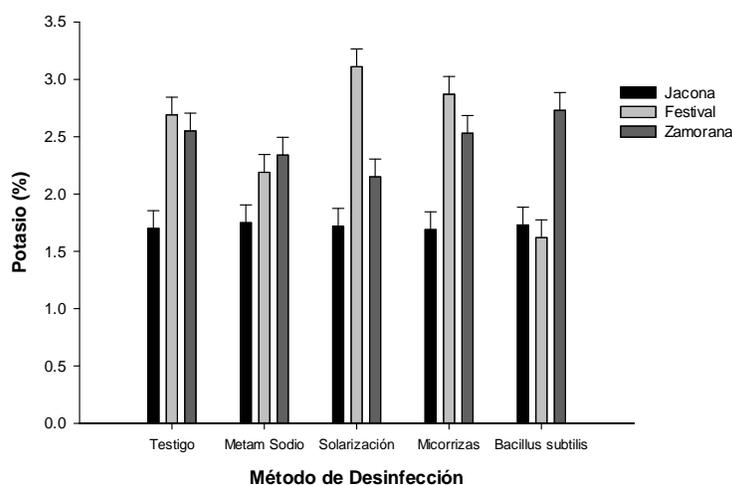


Figura 74. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México a los 405 DDT (9 de Abril de 2014). Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en la concentración de K en tallo a los 119 DDT ($P > 0.2660$), mientras que a los 405 DDT si hubo diferencias ($P = 0.0273$), donde el uso de micorrizas tuvo una concentración de K estadísticamente superior en comparación *Bacillus subtilis* (Cuadro 41).

En los niveles del factor sustrato no hubo diferencias significativas a los 405 DDT ($P > 0.5008$), sin embargo, a los 119 si hubo diferencias altamente significativas ($P = 0.0001$), donde, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) incrementó significativamente la concentración de K en tallo siendo diferente del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) el cual tuvo el menor contenido de K (Cuadro 41).

Sin embargo, los niveles del factor variedad si fueron diferentes a los 119 ($P = 0.0004$) y 405 DDT ($P = 0.0001$). A los 119 DDT, el tallo del cultivar Jacona tuvo la mayor concentración de K siendo estadísticamente diferente de los cultivares Festival y Zamorana, mientras que a los 405 DDT los cultivares Festival y Zamorana tuvieron las más altas concentraciones de K siendo estadísticamente diferentes del cultivar Jacona (Cuadro 41).

Por su parte, Demirsoy *et al.* (2010) encontraron que el contenido de K en tallo disminuye en el periodo de floración, fructificación y periodo de cosecha encontrando valores de entre 0.64 y 1.35 %. Demirsoy *et al.* (2012) reportaron valores de K de 2.99-1.98 %. Mientras que May *et al.* (1994) reportaron una concentración de K en tallo de 1.80-1.90

%. De acuerdo con estos valores reportados por estos autores, en nuestro experimento se encontraron rangos similares a los 405 DDT, mientras que a los 119 el contenido de K fue menor (Cuadro 41) coincidiendo a lo reportado por Demirsoy *et al.* (2010).

Cuadro 41. Concentración de potasio (K) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Potasio (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.63 a ^x	2.31 ab
	Metam Sodio	0.54 a	2.09 ab
	Solarización	0.50 a	2.32 ab
	Micorriza	0.50 a	2.36 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.65 a	2.03 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.43 b	2.20 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.73 a	2.25 a
	Jacona	0.80 a	1.72 b
	Festival	0.52 b	2.49 a
Variedad (V)	Zamorana	0.41 b	2.46 a
V x MD		ns	s
V x S		ns	ns
MD x S		ns	s
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.8.4.3. Fósforo

No fue significativo el efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en las dos fechas de evaluación ($P>0.4123$; $P>0.8763$, respectivamente). Por otra parte, la interacción variedad x método de desinfección no fue significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.7149$; $P>0.6462$ respectivamente), ni tampoco las interacciones variedad x sustrato ($P>0.4215$; $P>0.4599$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.4880$; $P>0.0723$, respectivamente).

Por otra parte, los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en la concentración de P en tallo en las dos fechas de evaluación ($P>0.6820$; $P>0.9342$, respectivamente) (Cuadro 42).

Sin embargo, los niveles del factor sustrato si mostraron diferencias altamente significativas a los 119 ($P<0.0001$) y 405 DDT ($P<0.0390$), en el cual, en las dos fechas, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) incrementó significativamente el contenido de Fósforo (P) en la tallo en comparación del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) el cual tuvo las menores concentraciones de P (Cuadro 42). Este efecto también se encontró en hoja (Cuadro 19) y raíz (Cuadro 35) donde la concentración de P se incrementa cuando se utiliza composta como sustrato por lo que la composta mejora la concentración de P en la parte vegetativa (hoja, raíz y tallo), mientras que en la parte reproductiva (Cuadro 27), el efecto de la composta es similar al del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita. En los niveles del factor variedad hubo diferencias a los 119 ($P<0.0001$) y 405 DDT ($P<0.0390$). A los 119 DDT, la tallo del cultivar Festival tuvo una concentración de P estadísticamente mayor, siendo estadísticamente diferente de los cultivares Jacona y Zamorana, mientras que a los 405 DDT, nuevamente el contenido de P fue mayor en la tallo del cultivar Festival siendo diferente del cultivar Jacona (Cuadro 42).

Ersoy y Demirsoy (2006) encontraron que el contenido de P en tallo varió de 0.21 a 0.35 % en el cultivar Camarosa, sin embargo, Ferre y Stang (1998) informaron que P en tallo varió de 0.25 a 0.40 % en el cultivar Earliglow.

Demirsoy *et al.* (2012) encontró una concentración de P en tallo 0.34-0.25 %. Por su parte, Stanislavljevič *et al.* (1997) reportaron que en tallo el contenido de P fue 0.14 %. Se puede observar que los tres factores principales tuvieron valores similares de acuerdo a Erson y Demiroy (2006), Ferre y Stang (1998) y Demirsoy *et al.* (2012) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 42).

Cuadro 42. Concentración de fósforo (P) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Fósforo (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.24 a ^x	0.30 a
	Metam Sodio	0.22 a	0.31 a
	Solarización	0.22 a	0.32 a
	Micorriza	0.22 a	0.32 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.24 a	0.31 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.19 b	0.30 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.27 a	0.33 a
Variedad (V)	Jacona	0.21 b	0.29 a
	Festival	0.27 a	0.33 a
	Zamorana	0.20 b	0.31 a
V x MD		ns	ns
V x S		ns	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

4.8.4.4. Calcio

La triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa en las dos fechas de evaluación ($P>0.6939$; $P>0.5032$, respectivamente). Tampoco fueron significativas las interacciones dobles variedad x método de desinfección ($P>0.4612$; $P>0.1509$, respectivamente), variedad x sustrato ($P>0.1767$; $P>0.3486$, respectivamente) y método de desinfección x sustrato ($P>0.0645$; $P>0.1990$, respectivamente) en las dos fechas de evaluación.

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes en la concentración de Ca en tallo a los 119 DDT ($P > 0.5505$), pero si a los 405 DDT ($P = 0.0018$), en el cual, el uso del método químico (metam sodio) y físico (solarización) tuvieron una concentración de Ca en tallo estadísticamente superior en comparación con *Bacillus subtilis* (Cuadro 43).

Sin embargo, entre los niveles del factor sustrato se encontraron diferencias altamente significativas en las dos fechas de evaluación ($P = 0.0001$; $P = 0.0001$, respectivamente), donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente el contenido de Ca en tallo, en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) donde Ca tuvo los menores concentraciones en las dos fechas de evaluación (Cuadro 43).

Los niveles del factor variedad fueron altamente significativos en las dos fechas de evaluación ($P = 0.0001$; $P = 0.0001$, respectivamente). A los 119 DDT, la concentración de Ca en tallo fue significativamente mayor en los cultivares Zamorana y Festival siendo estadísticamente diferente del cultivar Jacona. A los 405 DDT, la concentración de Ca en tallo fue significativamente mayor en el cultivar Festival, siendo diferente del cultivar Jacona (Cuadro 43).

En el Cuadro 43 se observa que la concentración de Ca en tallo disminuyó a los 405 DDT, mientras que a los 119 la concentración fue más alta en los tres factores principales y esto se pudo haber debido a la edad de la planta ya que también se encontró una disminución en la hoja (Cuadro 20) ya que la concentración de Ca tiende a disminuir después de la cosecha (May *et al.*, 1994).

Demirsoy *et al.* (2010) encontró una concentración de Ca en tallo 0.33 hasta 1.74 %. Por su parte May *et al.* (1994) reportaron una concentración de Ca en tallo de 0.90-1.21 %. Se puede observar que la concentración de N en tallo en los tres factores principales fue similar de acuerdo a Demirsoy *et al.* (2010) a los 119 y 405 DDT (Cuadro 43).

Cuadro 43. Concentración de calcio (Ca) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Calcio (%)	
Factores	Niveles	119 DDT	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	0.76 a ^x	0.57 ab
	Metam Sodio	0.82 a	0.64 a
	Solarización	0.83 a	0.62 a
	Micorriza	0.87 a	0.57 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	0.78 a	0.54 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	0.71 b	0.52 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	0.92 a	0.66 a
Variedad (V)	Jacona	0.61 b	0.55 b
	Festival	0.89 ab	0.64 a
	Zamorana	0.91 a	0.57 ab
V x MD		ns	ns
V x S		ns	ns
MD x S		ns	ns
V x MD x S		ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

4.8.4.5. Boro

La triple interacción de los factores variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa a los 405 DDT ($P > 0.6464$). Tampoco no hubo significancia en las interacciones dobles variedad x método de desinfección ($P > 0.9421$), variedad x sustrato ($P > 0.0608$) y método de desinfección x sustrato ($P > 0.3556$).

Por otra parte, los niveles del factor método de desinfección no tuvieron un efecto significativo en el contenido de B en tallo a los 405 DDT ($P > 0.5291$) (Cuadro 44).

Sin embargo, los niveles del factor sustrato fueron estadísticamente diferentes, en el cual, el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente la concentración de Boro (B) en la tallo y fue estadísticamente diferente del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 44).

Con respecto a los niveles del factor variedad, hubo diferencias a los 405 DDT ($P = 0.0138$), en el cual, el cultivar Jacona mostró tener la mayor concentración de B siendo diferente de los cultivares Festival y Zamorana (Cuadro 44).

May *et al.* (1994) reportaron una concentración de B en tallo de 22-26 ppm.

Se puede observar que el contenido de B en tallo en nuestro experimento fue significativamente superior (Cuadro 44) con respecto a May *et al.* (1994) y esto se pudo haber debido a las diferentes condiciones en que se llevaron a cabo los experimentos ya que en nuestro caso utilizamos sustratos desinfectados y May *et al.* (1994) utilizó un suelo franco.

Cuadro 44. Concentración de boro (B) en tallo de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Boro (ppm)
Factores	Niveles	405 DDT
Método de Desinfección (MD)	Testigo	72.59 a ^x
	Metam Sodio	76.51 a
	Solarización	75.93 a
	Micorriza <i>Bacillus subtilis</i>	75.59 a
		74.21 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	72.37 b
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	77.56 a
Variedad (V)	Jacona	80.39 a
	Festival	72.87 b
	Zamorana	71.64 b
V x MD		ns
V x S		ns
MD x S		ns
V x MD x S		ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)

4.9. Calidad de Fruto de Fresa

4.9.1. Diámetro

No tuvo efecto significativo la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato en los meses de Octubre ($P>0.1784$) y Febrero ($P>0.1322$); sin embargo en los meses de Noviembre y Diciembre si hubo significancia estadística ($P=0.0012$; $P=0.0002$, respectivamente). En el mes de Noviembre el mayor diámetro de fruto (3.85 cm) se tuvo cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con micorrizas, mientras que el menor diámetro (2.60 cm) fue cuando el cultivar Festival se plantó en el sustrato de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) no desinfectado (testigo). Sin embargo, en el mes de Diciembre el mayor diámetro de fruto (4.09 cm) fue cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato de

peat moss y agrolita (1:1) no desinfectado (testigo), mientras que el menor diámetro de frutos (2.39 cm) fue cuando el cultivar Festival fue establecido en la mezcla de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) desinfectada con metam sodio.

Por otra parte, no mostró ser estadísticamente significativo el efecto de la interacción variedad x sustrato en los cuatro fechas de evaluación ($P > 0.5283$; $P > 0.9068$; $P > 0.2680$; $P > 0.7677$, respectivamente).

Por su parte, el efecto de la interacción variedad x método de desinfección tampoco fue estadísticamente significativo en los meses de Octubre ($P > 0.08744$), Noviembre ($P > 0.0586$) y Febrero ($P > 0.8699$), mientras que en el mes de Enero si hubo significancia estadística ($P < 0.0045$), donde el diámetro fue mayor (3.47 cm) cuando se utilizó el método químico (metam sodio) en el cultivar Jacona, sin embargo frutos con menor diámetro (2.59 cm) se encontraron cuando se inoculó *Bacillus subtilis* en el cultivar Festival (Figura 75). Además se observa que la respuesta de los métodos de desinfección es diferente en los tres cultivares, no existe una tendencia de un método de desinfección a ser el mejor, concluyendo que la respuesta va depender al cultivar que se esté aplicando el método de desinfección (Figura 75).

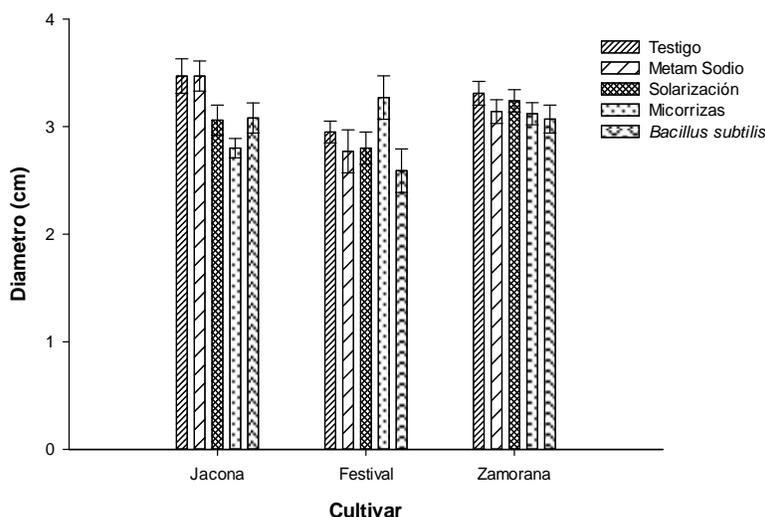


Figura 75. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en el diámetro de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

La interacción método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativa en los meses de Noviembre ($P > 0.4906$) y Febrero ($P > 0.7780$) sin embargo, en los meses de Octubre y Enero la interacción si mostró significancia estadística ($P < 0.0166$;

Pn0.0490, respectivamente). En el mes de Octubre, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita e inoculado con micorrizas mejoró el diámetro de fruto (3.68 cm) y fue estadísticamente superior del sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* y del sustrato elaborado a base composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* quienes tuvieron los menores diámetros de fruto con 3.12 y 3.03 cm, respectivamente (Figura 76a).

Por otra parte, en el mes de Enero el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado por el método químico (metam sodio) tuvo el mayor diámetro de fruto (3.51 cm), mientras que el diámetro de fruto fue menor (2.79 cm) cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita y desinfectado por el método químico (metam sodio) (Figura 76b). También se puede observar en la Figura 76 que el diámetro tiende a disminuir conforme la fecha de cosecha avanza debido a la competencia de asimilados entre los frutos.

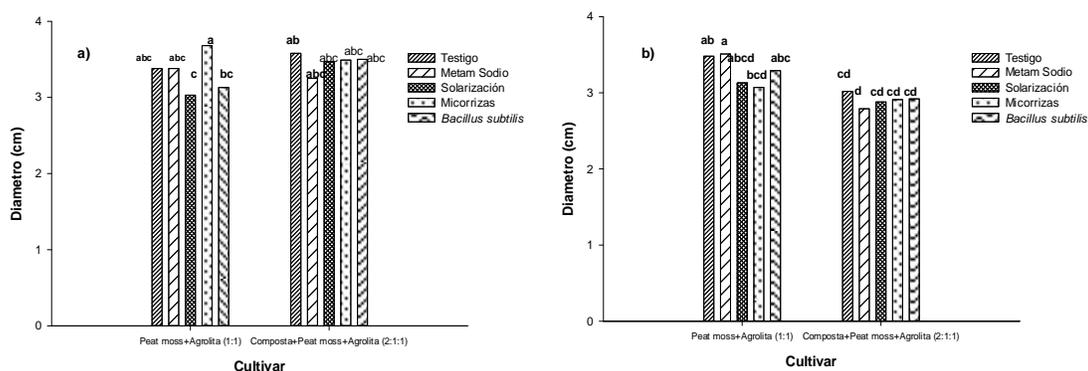


Figura 76. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el diámetro de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en los meses de a) Octubre de 2013 y b) Enero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes entre sí en los meses de Noviembre ($P > 0.1399$), Enero ($P > 0.0566$) y Febrero ($P > 0.2959$); sin embargo, en el mes de Octubre sí se encontraron diferencias donde las micorrizas mejoraron significativamente el diámetro de fruto comparado con el método físico (solarización) y esto se pudo haber debido a que las micorrizas pudieron haber tenido un buen efecto en las dimensiones de fruto debido al buen desarrollo de la planta inoculada con estos microorganismos (Cuadro 45).

Por otra parte, los niveles del factor sustrato no fueron diferentes en los meses de Octubre ($P>0.0891$), Noviembre ($P>0.2791$) y Febrero ($P>0.0628$) mientras que en el mes de Enero si hubo diferencias altamente significativas ($P=0.0001$), donde el sustrato elaborado a base peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente el diámetro de fruto en comparación con el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 45). Lo anterior no concuerda a lo realizado por Alvarado *et al.* (2014) quienes encontraron que al utilizar composta de borrego y vacuno incrementaron el diámetro de fruto y esta diferencia con nuestro experimento se pudo haber debido a que la respuesta de la planta dependió del origen de la composta.

Por su parte, no hubo diferencias significativas entre variedades en los meses de Noviembre ($P>0.0631$) y Enero ($P>0.0951$), mientras que en los meses de Octubre y Febrero si hubo significancia estadística ($P=0.0125$; $P=0.0034$). En los meses de Octubre y Febrero, frutos de los cultivares mexicanos (Zamorana y Jacona) fueron estadísticamente mayores que los frutos del cultivar Festival (Cuadro 45) y esta diferencia se debió a que los frutos de los cultivares Jacona y Zamorana tienen a ser frutos con mayor diámetro debido a que son cónicos y cordiformes y su similitud en diámetro se debe que ambos cultivares comparten un progenitor (Calderon *et al.*, 2009) mientras que el cultivar Festival tiende a tener frutos más alargados y menor diámetro (cónicos) (Chandler *et al.*, 2000).

Cuadro 45. Diámetro de fruto de tres cultivares de fresa creciendo en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Diámetro de Fruto (cm)			
Factores	Niveles	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	3.50 ab ^x	3.14 a	3.24 a	2.95 a
	Metam Sodio	3.30 ab	3.19 a	3.20 a	2.90 a
	Solarización	3.22 b	3.12 a	2.99 a	2.83 a
	Micorriza	3.57 a	3.19 a	2.98 a	2.93 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	3.33 ab	3.34 a	3.09 a	2.99 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	3.30 a	3.15 a	3.29 a	2.97 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	3.46a	3.24 a	2.91 b	2.86 a
Variedad (V)	Jacona	3.50 a	3.32 a	3.11 a	2.91 a
	Festival	3.25 b	3.02 a	2.88 a	2.73 b
	Zamorana	3.48 a	3.22 a	3.21 a	3.08 a
V x MD		ns	ns	s	s
V x S		ns	ns	ns	ns
MD x S		s	ns	s	ns
V x MD x S		ns	s	s	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.9.2. Longitud

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativo en los meses de Octubre ($P>0.0544$), Enero ($P>0.8416$) y Febrero ($P>0.0849$), sin embargo, en el mes de Noviembre la interacción si mostró significancia estadística ($P=0.0006$) donde la longitud de fruto fue mayor (4.44 cm) cuando el cultivar Jacona se plantó en el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis* mientras que la menor longitud de fruto se encontró cuando el cultivar Zamorana se plantó en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con micorrizas.

Por otra parte, no hubo efecto significativo en los cuatro meses de evaluación en las interacciones método de desinfección x sustrato ($P>0.5202$; $P>0.4476$; $P>0.7693$;

P>0.2533, respectivamente), variedad x sustrato (P>0.6143; P>0.8725; P>0.5110; P>0.1022, respectivamente) y variedad x método de desinfección (P>0.1028; P>0.0677; P>0.2294; P>0.4331, respectivamente).

No hubo diferencias estadísticamente significativas en los niveles del factor método de desinfección en los cuatro meses de evaluación (P>0.3545; P>0.0681; P>0.1691; P>0.1164, respectivamente) por lo cual los cuatro métodos de desinfección no tienen efecto en esta variable (Cuadro 46).

No hubo diferencias en el largo de fruto de plantas creciendo en ambos tipos de sustratos y cosechados en el mes de Febrero (p>0.3957); sin embargo en los meses de Octubre, Noviembre y Enero si hubo significancia estadística (Pr0.0071; Pr0.0379; Pr0.0258, respectivamente). En el mes de Noviembre y Enero el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró significativamente la longitud de fruto comparado con el sustrato composta, peat moss y agrolita (2:1:1) (Cuadro 46).

Lo anterior es similar a lo reportado a Tehranifar *et al.* (2007) quienes encontraron que la adición de peat moss y agrolita combinados con diferentes sustratos como fibra de coco mejoraron la longitud de fruto de tres cultivares de fresa. Sin embargo, en el mes de Octubre en frutos de plantas creciendo en el sustrato a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) resultó ser estadísticamente mayor la longitud de fruto en comparación con el sustrato elaborado sólo con peat moss y agrolita (1:1). Esta diferencia entre sustratos se pudo haber debido a que el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita mejoró el rendimiento en el mes de Octubre (Cuadro 6) teniendo frutos con mayor longitud y diámetro, mientras que en el mes de Noviembre el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) mejoró el rendimiento (Cuadro 6) lo cual lleva a la conclusión que el rendimiento está relacionado con la dimensión del fruto. Otros reportes han mostrado que el uso de fibra de coco, aserrín, piedra pomex y arena tienen un buen efecto en la longitud de frutos de fresa (Marinou *et al.*, 2013; Tehranifar *et al.*, 2007).

Los niveles del factor variedad no fueron estadísticamente diferentes en los meses de Octubre (P>0.2371) y Noviembre (P>0.0609), sin embargo, en los meses de Enero y Febrero si hubo diferencias (Pr0.0338; Pr0.0003, respectivamente). En el mes de Enero, frutos del cultivar Festival fueron estadísticamente diferentes de los frutos del cultivar Jacona, mientras que en el mes de Febrero frutos del cultivar Festival y Zamorana resultaron ser estadísticamente mayores con respecto de frutos del cultivar Jacona (Cuadro 46).

Esta diferencia entre cultivares se debió a que una de las principales características del cultivar Festival es ser un fruto cónico (Chandler *et al.*, 2000) comparado con Zamorana

y Jacona los cuales son frutos cónicos y cordiformes debido a que ambos cultivares provienen al mismo grupo de progenitores (Calderon *et al.*, 2009)

Cuadro 46. Longitud de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

		Longitud de fruto (cm)			
Factores	Niveles	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero
Método de Desinfección (MD)	Testigo	3.83 a ^x	3.48 a	4.61 a	3.79 a
	Metam Sodio	3.69 a	3.47 a	3.82 a	3.88 a
	Solarización	3.86 a	3.61 a	3.58 a	3.61 a
	Micorriza	3.99 a	3.43 a	3.61 a	3.71 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	3.88 a	3.80 a	3.59 a	3.71 a
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	3.70 b	3.64 a	4.41 a	3.77 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	3.97 a	3.41 b	3.35 b	3.71 a
Variedad (V)	Jacona	3.70 a	3.47 a	3.38 b	3.45 b
	Festival	3.94 a	3.68 a	4.83 a	3.99 a
	Zamorana	3.83 a	3.50 a	3.68 ab	3.76 a
V x MD		ns	ns	ns	ns
V x S		ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	s	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.9.3. Luminosidad

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato fue estadísticamente significativo ($P=0.0013$) donde la luminosidad (L) fue mayor (37.15) cuando el cultivar Festival se plantó el sustrato elaborado a base de composta, peat

moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*, mientras que la luminosidad fue menor (24.57) cuando el cultivar Jacona fue plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*.

No hubo efecto significativo en la interacción variedad x sustrato ($P > 0.3423$) y método de desinfección x sustrato ($P > 0.3950$). Sin embargo si hubo significancia estadística en la interacción variedad x método de desinfección ($P = 0.0448$) en el cual, la L fue mayor (34.10) cuando se utilizó el método químico (metam sodio) en el cultivar Festival mientras que la menor L (25.90) se encontró cuando se inoculó *Bacillus subtilis* en el cultivar Jacona (Figura 77). En la Figura 77 se observa que frutos del cultivar Festival tienden a ser más brillantes cuando se utilizan los cuatro métodos de desinfección y el testigo comparado con los cultivares Jacona y Zamorana, esto se pudo haber debido a que el cultivar Festival tuvo una mejor respuesta a los cuatro métodos de desinfección.

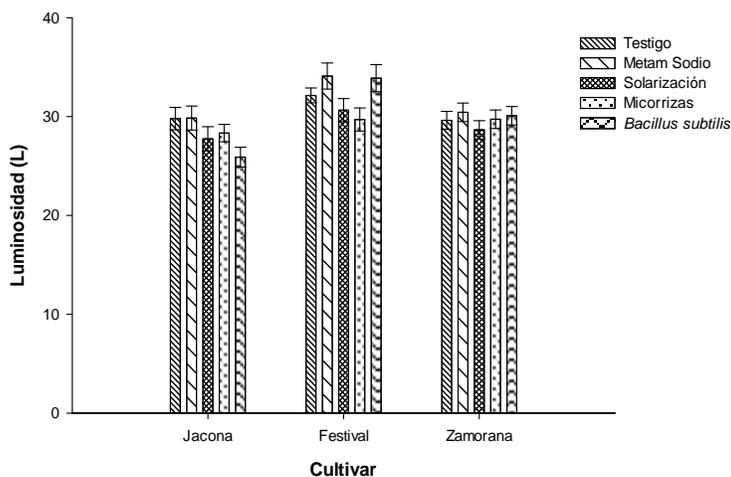


Figura 77. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la luminosidad (L) de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección mostraron diferencias significativas ($P = 0.0173$) donde el método químico (metam sodio) fue estadísticamente superior con respecto del método físico (solarización), micorrizas y *Bacillus subtilis* (Cuadro 47). Por su parte, Castellanos-Morales *et al.* (2012) encontraron que la inoculación de micorrizas en plantas de fresa mejoró significativamente la luminosidad en frutos de fresa comparado con plantas no inoculadas (testigo). Sin embargo, en nuestro experimento no se tuvo un buen efecto de la micorriza sobre la luminosidad y esto se pudo haber debido a las diferentes condiciones en cada experimento ya que Castellanos-Morales *et*

al. (2012) utilizaron *Glomus intraradices* inoculadas a un sustrato elaborado a base de fibra de coco y perlita (1:3), mientras que en nuestro experimento se utilizó *Glomus mosseae* inoculados en dos tipos de sustratos diferentes.

Por otra no hubo significancia estadística en los niveles del factor sustrato ($P > 0.5207$) (Cuadro 47). Sin embargo se tienen reportes que mencionan que el uso de composta o lixiviados de vermicomposta mejora la luminosidad de frutos de fresa (Singh *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010; Alvarado *et al.*, 2014) y esto se debe a que la composta tiene un buen efecto en el crecimiento de la planta por lo que se tiene frutos de calidad. Sin embargo se ha visto que la aplicación de composta o vermicomposta al suelo (Singh *et al.*, 2008; Alvarado *et al.*, 2014) se tienen mayores valores de luminosidad en fruto en comparación a cuando se aplica fertilización inorgánica (Singh *et al.*, 2008) o cuando se aplica solo agua como testigo (Singh *et al.*, 2010). Sin embargo, Ayesha *et al.* (2011) no encontraron diferencias en la luminosidad de frutos de fresa de plantas cultivadas en suelos con diferentes estiércoles comparados con frutos producidos en suelos sin estiércol.

Sin embargo, en los niveles del factor variedad si hubo diferencias ($P = 0.0264$) donde frutos del cultivar Festival tuvieron mayor L y fueron estadísticamente diferentes de los frutos de los cultivares mexicanos (Zamorana y Jacona) (Cuadro 47). Esta diferencia se pudo haber debido a que frutos del cultivar Festival son más brillantes y con un color interno rojo brillante (Chandler *et al.*, 2000), ya que luminosidad está en función de diversos factores como es el grado de madurez y el cultivar así como también a la constante manipulación que se da desde la cosecha hasta su consumo (Wang y Camp, 2000).

Por su parte Crecente-Campo *et al.* (2012) reportan valores de L de 27.3-32.6 y por Ayala-Zavala *et al.* (2004) valores de L de 33.9. Por su parte Ornelas-Paz *et al.* (2013) reportan valores de L entre 31.8-42.7 en diferentes cultivares de fresa. En el presente trabajo se puede observar que los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron valores óptimos de acuerdo Crecente-Campo *et al.* (2012) y a Ornelas-Paz *et al.* (2013) en el mes de Febrero.

4.9.4. Angulo de tono (°Hue)

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato no fue estadísticamente significativo ($P > 0.0609$). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción variedad x sustrato ($P > 0.9513$) y método de desinfección x sustrato ($P > 0.0574$), sin embargo si fue significativo el efecto de la interacción variedad x método de desinfección ($P = 0.0318$) donde frutos del cultivar Jacona tuvieron un mayor Hue

(43.17°) cuando se utilizaron micorrizas, mientras que el menor Hue (34.23°) fue cuando no se utilizó ningún método de desinfección (testigo) en el cultivar Festival (Figura 78). Además se puede observar en la Figura 78 que los cuatro métodos de desinfección y el testigo tuvieron similar efecto en el cultivar Zamorana, mientras que en el cultivar Jacona hay una tendencia de incrementar el valor de °Hue cuando se utilizan micorrizas y *Bacillus subtilis*. La diferentes respuestas que tuvieron los tres cultivares a los cuatro métodos de desinfección se pudo haber debido a los distintos grados de madurez en los que fueron cosechados los frutos, con lo que nos indica que a medida que avanza la cosecha el ángulo de tono disminuye.

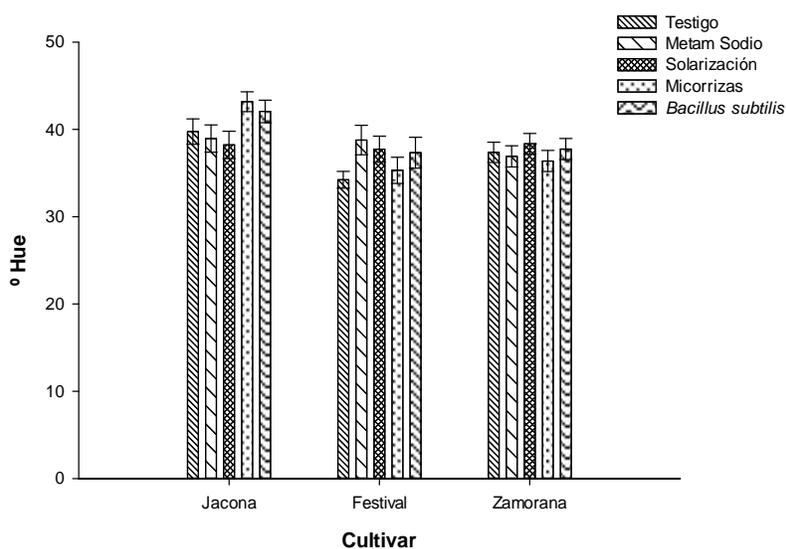


Figura 78. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en el ángulo de tono (°Hue) de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por otra parte, no hubo diferencias significativas en los niveles del factor método de desinfección ($P=0.4467$) y sustrato ($P>0.2536$) (Cuadro 47). Sin embargo, si hubo significancia estadística en los niveles del factor variedad ($P=0.0006$), donde el cultivar Jacona fue estadísticamente superior de los cultivares Zamorana y Festival (Cuadro 47).

Por su parte, Crecente-Campo *et al.* (2012) reportan valores de Hue de 30.8-36.7 y por Ayala-Zavala *et al.* (2004) valores de Hue de 28.5. Castellanos-Morales *et al.* (2012) reportan valores de Hue de 32.44-36.95. Se puede observar que los factores método de desinfección, sustrato y variedad tuvieron valores óptimos de acuerdo Crecente-Campo *et al.* (2012), Ornelas-Paz *et al.* (2013) y a Castellanos-Morales *et al.* (2012).

4.9.5. Pureza

El efecto de la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato fue estadísticamente significativo ($P=0.0082$) en el cual, el cultivar Festival plantado en el sustrato elaborado a base composta, peat moss y agrolita (2:1:1) y desinfectado con el método químico (metam sodio) tuvo un chroma mayor (30.43) mientras que el chroma fue menor (21.84) cuando el cultivar Jacona fue plantado en el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) e inoculado con *Bacillus subtilis*.

Sin embargo no hubo significancia estadística en las interacciones método de desinfección x sustrato ($P>0.2718$), variedad x sustrato ($P>0.1333$) y variedad x método de desinfección ($P>0.2858$).

Los niveles del factor método de desinfección fueron estadísticamente diferentes ($P=0.0372$) donde el método químico (metam sodio) fue estadísticamente superior comparado con el método físico (solarización) y *Bacillus subtilis* (Cuadro 47). Por su parte, Castellanos-Morales *et al.* (2012) encontraron que la cromaticidad disminuye en frutos de fresa cuando se inoculan micorrizas comparado con el testigo (no inoculación), lo cual es similar en nuestro estudio donde las micorrizas tienden a disminuir la cromaticidad en frutos de fresa teniendo así frutos rojos con menor intensidad. Este efecto también ha sido reportado en *Capsicum annuum* donde la cromaticidad disminuye cuando se inoculan micorrizas (Mena-Violante *et al.*, 2006).

Sin embargo, los niveles del factor sustrato no mostraron significancia estadística ($P=0.2016$) (Cuadro 47). Por otra parte, si hubo diferencias en los niveles del factor variedad ($P=0.0002$), en el cual, el cultivar Festival fue estadísticamente diferente de los cultivares Zamorana y Jacona y estos a su vez también fueron diferentes (Cuadro 47), lo cual indica que los frutos de Festival tuvieron un color rojo más intenso comparado con los cultivares Jacona y Zamorana ya que un bajo valor de Chroma es asociado con un color mate de baja pureza. Otro de los factores como parámetro de error que pudo haber afectado es el grado de madurez en los que fueron cosechados frutos de cada cultivar

4.9.6. Firmeza

No hubo efecto significativo en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.5787$). Tampoco fueron estadísticamente significativas las interacciones método de desinfección x sustrato ($P>0.2418$) y variedad x sustrato ($P>0.7473$). Sin embargo, el efecto de la interacción variedad x método de desinfección si fue estadísticamente significativo, donde frutos del cultivar Festival tuvieron una mayor firmeza cuando se utilizó *Bacillus subtilis* (1.90 N) mientras que la menor firmeza en fruto (1.03 N) se encontró cuando en el cultivar Zamorana se utilizó el método físico

(solarización) (Figura 79). También se observa en la Figura 79 que el uso de *Bacillus subtilis* tiende a incrementar la firmeza de frutos en los tres cultivares, mientras que el testigo (no desinfección) tiende a disminuir la firmeza.

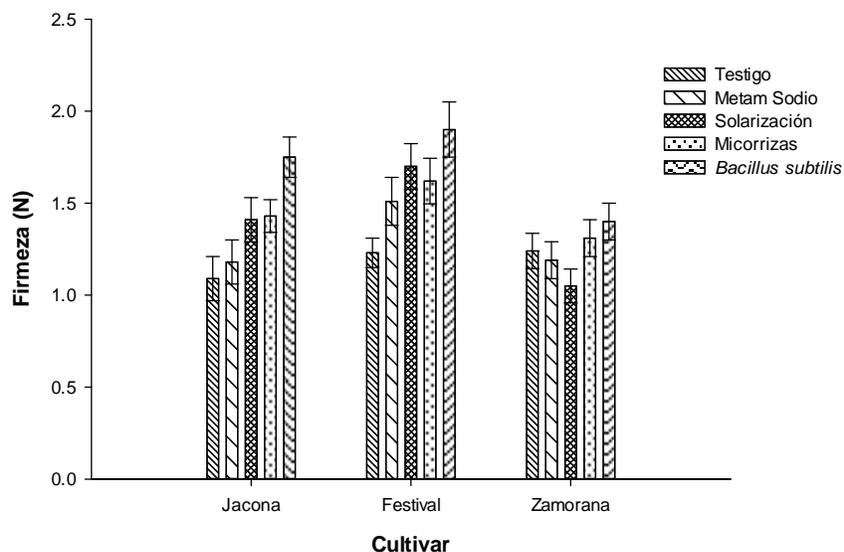


Figura 79. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en la firmeza de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Los niveles del factor método de desinfección fueron altamente significativos ($P < 0.0001$) donde *Bacillus subtilis* fue estadísticamente superior comparado con el método físico (solarización), método químico (metam sodio) y el testigo (no desinfección), mientras que las micorrizas fueron estadísticamente superior con respecto del testigo (Cuadro 47). Lo anterior es similar a lo reportado por Palencia *et al.* (2013) quienes encontraron que la inoculación de micorrizas en plantas de fresa mejoró la firmeza de los frutos comparado con el testigo (no inoculación) donde los autores mencionan que una menor firmeza lo atribuyen a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectina debido a la acción de la enzima poligalacturonasa pudiendo los métodos biológicos (micorrizas y *Bacillus subtilis*) haber mejorado la estructura celular en los frutos de fresa mejorando el transporte de Ca del suelo hacia fruto. Por su parte, Palha *et al.* (2009) encontraron variación entre los métodos de desinfección química (bromuro de metilo y metam sodio) y el método físico (solarización) en las diferentes fechas de evaluación en la firmeza de frutos de fresa concluyendo que no hubo efecto

en la firmeza por los diferentes métodos de desinfección lo cual coincide en nuestro experimento ya que no existieron diferencias entre el método químico y el físico.

Por otra parte entre los niveles del factor sustrato no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.1145$) (Cuadro 47), sin embargo se observa una tendencia del sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) de incrementar la firmeza de fruto comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) lo cual es similar a lo reportado por Alvarado *et al.* (2014) quienes encontraron que frutos de fresa producidos en sustratos elaborados a base de composta en diferentes mezclas se tienen frutos más firmes comparado cuando se utiliza peat moss y agrolita. Sin embargo también se ha reportado que la adición al suelo de vermicomposta o la aplicación foliar de lixiviados de vermicomposta mejora la firmeza de frutos de fresa (Singh *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010). La firmeza en frutos pudo ser mejor debido a que la composta mejoró la concentración de Ca en hoja (Cuadro 20) ya que Ca se ha relacionado con la síntesis, estabilización y mantiene la integridad de la pared celular (Chen *et al.*, 2011) incrementando así la firmeza de frutos de fresa (Wójcik y Lewandowski, 2003; Cheng *et al.*, 2012;), pudiendo la composta mejorar el transporte de Ca del suelo hacia los diferentes partes de la planta ya que en nuestro experimento se observa que la concentración de Ca fue mayor en raíz (Cuadro 36), fruto (Cuadro 28) y tallo (Cuadro 44) cuando se utiliza composta.

En los niveles del factor variedad si hubo significancia estadística ($P = 0.0006$) donde el cultivar Festival fue estadísticamente superior de los cultivares Jacona y Zamorana (Cuadro 47). La similitud en firmeza de fruto en los cultivares Jacona y Zamorana se debió a que provienen del mismo grupo de progenitores (Calderón *et al.*, 2009).

Cuadro 47. Propiedades físicas de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Firmeza	Luminosidad	Hue (°)	Chroma
		(N)	(L)		
Método de Desinfección (MD)	Testigo	1.19 c ^x	31.32 ab	36.94 a	27.12 ab

	Metam Sodio	1.27 bc	31.68 a	38.56 a	27.45 a
	Solarización	1.35 bc	29.80 b	38.69 a	25.41 b
	Micorriza	1.47 ab	29.73 b	38.81 a	26.47 ab
	<i>Bacillus subtilis</i>	1.60 a	29.71 b	39.07 a	25.50 b
Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	1.33 a	30.61 a	38.66 a	26.13 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	1.41 a	30.29 a	37.95 a	26.77 a
	Jacona	1.33 b	28.79 b	41.15 a	24.01 c
Variedad (V)	Festival	1.58 a	32.63 a	36.60 b	28.57 a
	Zamorana	1.23 b	29.92 b	37.63 b	26.47 b
V x MD		s	ns	s	ns
V x S		ns	ns	ns	ns
MD x S		ns	ns	ns	ns
V x MD x S		ns	s	ns	s

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4.9.7. Contenido de sólidos solubles totales (SST)

No fue estadísticamente significativo el efecto de la interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P>0.1994$). Tampoco hubo significancia estadística en la interacción variedad x sustrato ($P>0.9863$) y variedad x método de desinfección ($P>0.6110$). Sin embargo, el efecto de la interacción método de desinfección x sustrato fue significativo ($P=0.0261$) donde el contenido de SST fue mayor (6.70 °Bx) cuando el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) fue inoculado con micorrizas, mientras que el contenido de SST fue menor (5.76 °Bx) fue menor cuando el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita fue inoculado con micorrizas (Figura 80). Sin embargo, se puede observar que el contenido de SST tienen a

incrementar cuando los cuatro métodos de desinfección son aplicados al sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) comparado cuando los métodos de desinfección son aplicados al sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1), por lo que el efecto de los cuatro métodos de desinfección depende al sustrato que se aplique (Figura 80).

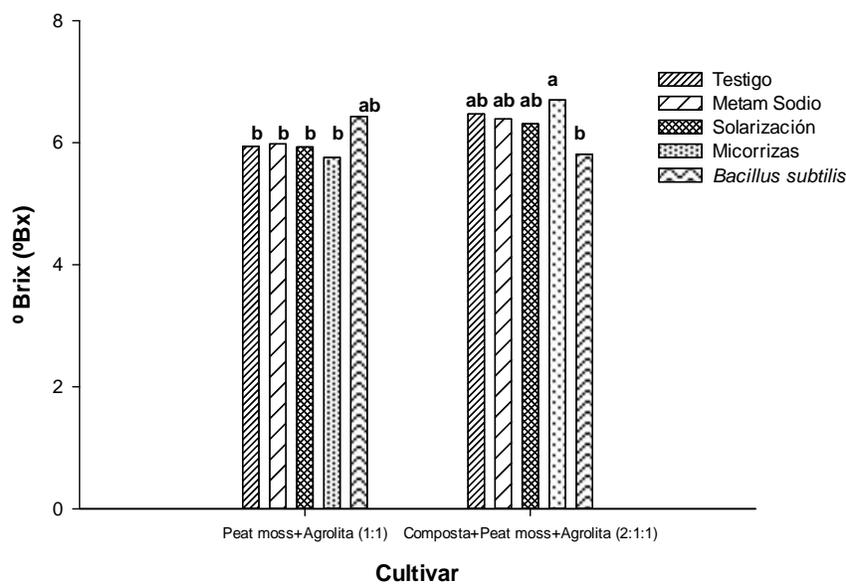


Figura 80. Efecto de la interacción método de desinfección x sustrato en el contenido de sólidos solubles totales (SST) de fruto de tres cultivares de fresa producidos en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

En los niveles del factor método de desinfección no hubo diferencias significativas ($P > 0.394$) (Cuadro 48); sin embargo, existió una tendencia a incrementar el contenido de SST cuando se inoculan micorrizas lo cual es similar a los reportado por Cekic e Yilmaz (2011) quienes demostraron que la inoculación de micorrizas en plantas de fresa tuvo un buen efecto en el contenido de SST en los frutos comparado con plantas no inoculadas (testigo), sin embargo en frambuesa se ha reportado que la inoculación de *Glomus mosseae* disminuye los SST debido a la competencia de asimilados entre el fruto y la micorriza (Campos-Mota *et al.*, 2004).

Por otra parte, no hubo diferencias en los niveles del factor sustrato ($P > 0.1421$) (Cuadro 48); sin embargo, en nuestro experimento hay una tendencia de incrementar los SST cuando se utilizó el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) comparado con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (2:1:1) lo cual es

similar a lo reportado a Wang y Lin (2002), Wang y Millner (2009) y Alvarado *et al.* (2014) quienes han demostrado que la incorporación de composta al sustrato en diferentes proporciones incrementa el contenido de SST en frutos de fresa comparado cuando no se adiciona. Por otra parte, Abu-Zahra *et al.* (2007) y Hammad *et al.* (2014) y también han demostrado que la adición de composta al suelo tiende a incrementar el contenido de SST en frutos de fresa. Sin embargo también se ha reportado que la incorporación de peat moss y agrolita en el sustrato incrementa el contenido de SST (Tehranifar *et al.*, 2007; Jafarnia *et al.*, 2010;).

Sin embargo si hubo diferencias altamente significativas en los niveles del factor variedad ($P < 0.0001$), en el cual, frutos del cultivar Festival fueron estadísticamente superiores comparado con frutos de los cultivares Jacona y Zamorana los cuales a su vez también fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 48).

4.9.8. Ácido cítrico

No hubo efecto significativo en la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($p > 0.3481$). Tampoco fueron estadísticamente significativas las interacciones variedad x método de desinfección ($P > 0.5305$), variedad x sustrato ($P > 0.3213$) y método de desinfección x sustrato ($P > 0.3038$).

Los niveles del factor método de desinfección no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.0554$) (Cuadro 48). Palencia *et al.* (2013) reportaron que mediante la inoculación de micorrizas al suelo en fresa se incrementa el contenido de ácido cítrico en frutos fresa en comparación cuando no se inocularon las plantas, sin embargo, en nuestro experimento no se encontró una tendencia de las micorrizas a incrementar el ácido cítrico y esto se pudo haber debido a que Palencia *et al.* (2013) utilizaron dos tipos de micorrizas (*Glomus mosseae* y *Glomus intraradice*) mientras que en nuestro experimento únicamente se utilizó *Glomus mosseae*.

Sin embargo, los niveles del factor sustrato si mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$), donde el sustrato elaborado a base de composta, peat moss y agrolita (2:1:1) mejoró significativamente la concentración de ácido cítrico en comparación con el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita (1:1) (Cuadro 48). Lo anterior es similar a lo reportado por Alvarado *et al.* (2014), Wang y Lin (2002) y Wang y Millner (2009) quienes encontraron que la adición de composta al sustrato tiende a incrementar el porcentaje de ácido cítrico en frutos de fresa. También se ha reportado que la aplicación foliar de vermicomposta tiende a disminuir el porcentaje de ácido cítrico en frutos de fresa (Singh *et al.*, 2010), sin embargo, se ha observado que la

vermicomposta aplicada al suelo tiende a incrementar el porcentaje de ácido cítrico en frutos de fresa (Singh *et al.*, 2008).

Por otra parte, los niveles del factor variedad no mostraron significancia estadística ($P > 0.0987$) (Cuadro 48).

4.9.9. pH

No hubo efecto significativo la triple interacción variedad x método de desinfección x sustrato ($P > 0.5025$). Tampoco mostraron significancia estadística las interacciones variedad x sustrato ($P > 0.1920$) y método de desinfección ($P > 0.6597$).

Sin embargo, la interacción variedad x método de desinfección si mostró significancia estadística ($P < 0.0100$), en el cual, el mayor pH de fruto (4.10) se encontró cuando en el cultivar Festival se aplicó metam sodio mientras que el menor pH (3.87) en el fruto se registró cuando se aplicó método químico al cultivar Zamorana (Figura 81), por lo que el efecto del método químico puede variar de acuerdo al cultivar que se esté estudiando. Los niveles del factor método de desinfección no mostraron diferencias significativas ($P > 0.9353$) (Cuadro 48). Por su parte, Palencia *et al.* (2013) encontraron que la inoculación de micorrizas en fresa incrementa el pH en los frutos comparado cuando no se inoculan (testigo) micorrizas, sin embargo en nuestro estudio no se observa una tendencia clara del efecto de la micorriza posiblemente porque Palencia *et al.* (2013) utilizaron dos tipos de micorrizas (*Glomus mosseae* y *Glomus intraradice*) y en nuestro experimento únicamente se utilizó *Glomus mosseae*.

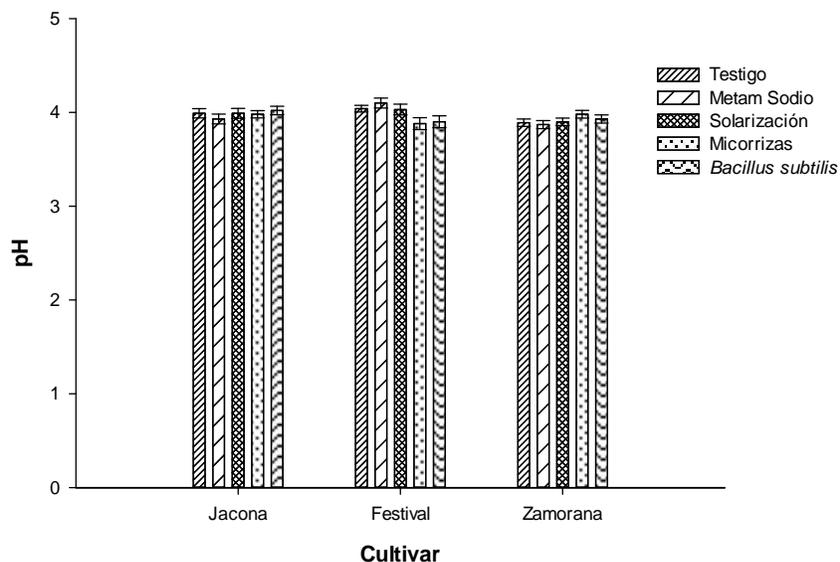


Figura 81. Efecto de la interacción variedad x método de desinfección en pH de fruto de tres cultivares de fresa producidas en macetas con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México en el mes de Febrero de 2014. Los datos son el promedio más el error estándar (barras verticales) (n=3).

Por su parte, los niveles del factor sustrato no mostraron significancia estadística ($P>0.3697$) (Cuadro 48). Sin embargo, los niveles del factor variedad mostraron diferencias significativas ($P=0.0527$) donde el cultivar Festival y Jacona tuvieron un pH estadísticamente mayor que el cultivar Zamorana (Cuadro 48).

Cuadro 48. Propiedades bioquímicas de fruto de tres cultivares de fresa cultivados en maceta con diferentes sustratos desinfectados por diferentes métodos y bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México.

Factores	Niveles	Brix (°Bx)	Ácido cítrico (%)	pH
Método de Desinfección (MD)	Testigo	6.15 a ^x	0.94 a	3.98 a
	Metam Sodio	6.17 a	0.92 a	3.96 a
	Solarización	6.15 a	0.96 a	3.96 a
	Micorriza	6.23 a	0.98 a	3.96 a
	<i>Bacillus subtilis</i>	6.19 a	1.02 a	3.95 a

Sustrato (S)	Peat moss + Agrolita (1:1)	6.01 a	0.92 b	3.97 a
	Composta+ Peat moss + Agrolita (2:1:1)	6.37 a	1.02 a	3.96 a
Variedad (V)	Jacona	5.34 c	0.93 a	3.99 a
	Festival	7.06 a	0.97 a	4.00 a
	Zamorana	6.12 b	0.98 a	3.91 b
V x MD		ns	s	ns
V x S		ns	ns	ns
MD x S		s	ns	ns
V x MD x S		ns	ns	ns

^x Valores con la misma letra dentro de la columna no son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

CONCLUSIONES

- El uso de micorrizas y método químico (aplicación de Metam Sodio) mejoran la acumulación de materia seca de planta de fresa comparado con el método físico y *Bacillus subtilis*, mientras que entre sustratos, el sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa el peso seco comparado con el sustrato con composta. Sin embargo, entre variedades el cultivar Zamorana tuvo la más alta acumulación de peso seco comparado con Festival y Jacona. El fruto es el órgano que más acumula peso seco seguido por la hoja, tallo y raíz.
- Durante la época de producción de fruto, la materia seca en hoja, tallo y raíz disminuye significativamente.
- La mayor producción mensual de fruto se presenta en febrero en los tres factores principales; la menor producción por planta ocurre en marzo. Zamorana es el cultivar más productivo comparado con los cultivares Jacona y Festival. El tipo

de sustrato no afecta el rendimiento acumulado y el uso de micorrizas mejoran el rendimiento comparado con los otros tres métodos de desinfección.

- La hoja es el órgano que más azúcares totales presenta seguido por el tallo y la raíz. No hubo un efecto significativo del tipo de sustrato y método de desinfección sobre los azúcares totales, mientras que entre variedades, Festival es el que más azúcares acumula.
- No hubo un efecto significativo del tipo de método de desinfección sobre la asimilación de CO₂, ni diferencias significativas entre variedades en la mayoría de las fechas en que se midió pero en la medición final Zamorana tiene las mayores tasas fotosintéticas. Tampoco hubo un claro efecto de los sustratos sobre la asimilación de CO₂.
- El peso específico de hoja es mayor en las primeras etapas de crecimiento (173 DDT). Entre cultivares, Zamorana tuvo los mayores valores a partir de los 251 DDT comparado con Jacona y Festival. No hubo efecto significativo del tipo de método de desinfección sobre el peso específico. El sustrato con peat moss y agrolita sin composta incrementa el peso específico de hoja.
- No hubo un efecto significativo de variedades, sustratos y métodos de desinfección sobre el número de coronas.
- El sustrato elaborado a base de peat moss y agrolita incrementa significativamente el índice de verdor en hojas de fresa, mientras que entre métodos de desinfección, metam sodio y solarización mejoran esta variable. Festival tiene el índice de verdor más alto comparado con Zamorana y Jacona.
- Los métodos de desinfección no afectan variables como altura de planta, diámetro de tallo y longitud de raíz, mientras que las micorrizas incrementa el número de hojas y área foliar. El tipo de sustrato no tiene efecto significativo sobre las variables altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo, mientras que el sustrato con peat moss y agrolita mejora la longitud de raíz y área foliar. Entre los cultivares no hubo diferencias en altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar, pero la longitud de raíz es mayor en los cultivares Zamorana y Jacona comparado con Festival.
- A los 351 DDT se tienen las más altas concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y B en hoja mientras que a los 173 DDT se tuvieron las más altas concentraciones de Fe y Mn.
- La adición de composta al sustrato incrementa el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe y B en hoja y fruto comparado con el sustrato a base de peat moss y agrolita,

mientras que el uso de peat moss y agrolita incrementa la concentración de manganeso en hoja y fruto. Los métodos de desinfección se comportaron de manera diferente a través del tiempo no teniendo efecto significativo en P, Fe y Mg en hoja.

- Entre cultivares, Festival tiende a tener las más altas concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe y B en hoja en las seis fechas de evaluación comparado con los cultivares Zamorana y Jacona.
- Los métodos de desinfección no tuvieron un efecto significativo en el contenido de N, P Ca, Mg, Mn en fruto mientras que si hubo un efecto en K, Fe y B. No hubo efecto significativo de sustratos sobre el contenido de N, K, Ca, Mg y B, pero se incrementan P, Mn y Fe cuando se utiliza peat moss y agrolita; los frutos del cultivar Festival tienden a tener mayor concentración de nutrimentos.
- La composta como sustrato incrementa el contenido de N, P, K, Ca y B en raíz y tallo comparado con el sustrato a base de peat moss y agrolita.
- Los frutos del inicio del ciclo de producción son más grandes y tienden a disminuir a través del tiempo.
- Frutos del cultivar Festival tienen mejores características de calidad comparado con Jacona y Zamorana.
- Los métodos de desinfección tienen efecto significativo sobre firmeza y los componentes del color, donde el uso de Metam Sodio mejora el color mientras que la firmeza se mejora cuando se utiliza *Bacillus subtilis*. Los sustratos no tuvieron efecto significativo en firmeza y los componentes de color.
- Los métodos de desinfección ni el tipo de sustrato afectan el contenido de solidos solubles totales, ácido cítrico y pH en fruto, mientras que el uso de composta incrementa el contenido de ácido cítrico.

LITERATURA CITADA

- Abbott, A.J., G. R. Best, and R. A. Webb. 1970. The relation of achene number to berry weight in strawberry fruit. J. Hort. Soc. 45: 215-222
- Abu-Zahra, T., K. Al-Ismael and F. Shatat. 2007. Effect of organic and conventional systems on fruit quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) grown under plastic house conditions in the Jordan valley. Acta Horticulturae. 741: 159-172.
- Abu-Zahra, T. R. and A. A. Tahboub. 2008. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Dutch) growth flowering and yielding as affected by different organic matter sources. Intern. J. of Botany 4(4): 481-485.
- Acuña-Maldonado L. E and M.Pritts. 2008. Carbon and nitrogen reserves in perennial strawberry affect plant growth and yield. Journal American Society Horticultural Science. 133(6): 735-742.
- Agius, F., R. González-Lamothe, J. L. Caballero, J. Muñoz-Blanco, M. A. Botella, and V. Valpuesta. 2003. Engineering increased vitamin C levels in plants

by overexpression of a -galacturonic acid reductase. *Nature Biotechnology*. 21(2): 177-181

- Albaho, M., N. Bhat, H. Abo-Rezq and B. Thomas. 2009. Effect of Three Different Substrates on Growth and Yield of Two Cultivars. *Eur. J. Sci. Res.* 28 (2): 227-233
- Albregts, E. E. and C. M. Howard. 1980. Accumulation of nutrients by strawberry Plants and Fruit Grown in Annual Hill Culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105: 386-388.
- Albregts, E. E., J. P. Gilreath and C.K. Chandler. 1996. Soil solarization and fumigant alternatives to methyl bromide for strawberry fruit production. *Proc. Florida State*.
- Alcántar, G. G y T. L. I. Trejo. 2007. *Nutrición de Cultivos*. Mundi. Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 438 p.
- Al-Maghagi, I. A. H., S. M. Zain-Hasan, A. Bin Ahmad and W.A. bin-Yusoff (2011) The interaction effect of photoperiod and exogenous hormone on the dry matter of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Agricultural Journal* 6(6): 340-346.
- Almaliotis, D., D. Velemis, S. Bladenopoulou and N. Karapetsas. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Hort.* 567: 447-450.
- Alvarado, H., M. Tavera, G. Mena, G. Calderón, R. López y E. Salinas. 2014. Crecimiento y producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en sustratos a base de compostas *In: Desarrollo sustentable y finanzas*. Tavera, M.E., J. Quintanilla, G.R. Chaparro y F. Iglesias (eds). Ecorfan, Bolivia. pp: 50-63
- Alvarado-Raya, H., R. L. Darnell, J. G. Williamson. 2007. Root-to-shoot relations in an annual raspberry (*Rubus idaeus* L.) production system. *HortScience* 42: 1559-1562.
- Álvarez-Fernández, A., J. Abadía and A. Abadía. 2006. Iron deficiency, fruit yield and quality. *In: Iron Nutrition and Interactions in Plants*. (Abadía, J. and Barton L. L., Eds.). Springer, Dordrecht, The Netherlands. 85-101.

- Álvarez-Fernández, A., J. Abadía and A. Abadía. 2006. Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. (eds.), Iron Nut L. L. Barton and J. Abadía rition in Plants and Rhizospheric Microorganisms. 85-101.
- Ameri, A and A. Tehranifar. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var: Camarosa. Journal Biology Enviromental Sciences. 6(16): 77-79.
- Andriotis, V. M. E., M. J. Pike, S. L. Schwarz, S. Rawsthorne, T. L. Wang and A.M. Smith. 2012. Altered starch turnover in the maternal plant has major effects on *Arabidopsis* fruit growth and seed composition. Plant Physiology. 160: 1175-1186.
- Arancon N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technol. 93: 145-153.
- Arancon, N. Q., P. Galvis, C. A. Edwards and E. Yardim. 2003. The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicompost. Pedobiologia. 47: 736-740.
- Archbold, D. D. and B. Zhang. 1990. Drought stress resistance in *Fragaria* species. In: The third North American strawberry conference, Houston, Texas. Timber Press.
- Atiyeh, R. M., S. S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon and J. Metzger. 2002. The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. Bioresour Technol. 84: 7-14.
- Ayala-Zavala J. F., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. González-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 37: 687-695.
- Ayesha, R., N. Fatima, M. Ruqayya, K. M. Qureshi, I. A. Hafiz, K. S. Khan and A. Kamal. 2011. Influence of different growth media on the fruit quality and reproductive growth parameters of strawberry (*Fragaria ananassa*)†, Journal of Medicinal Plants Research. 5: 6224-6232.
- Azodanlou, R., C. Darbella, J. L. Luisier, J. C. Villettaz, y R. Amado. 2003. Quality assessment of strawberries (*Fragaria* species). J. Agric. Food Chem. 51:715-721.

- Bacelar, E. A., D. L. Santos, J. M. Moutinho-Pereira, J. I. Lopes, B. C. Gonçalves, T. C. Ferreira and C. M. Correia. 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant and Soil*. 292, No. 1-2, Pp. 1-12,
- Bakker, J., P. Bridle, and S. J. Bellworthy. 1994. Strawberry juice colour: a study of the quantitative and qualitative pigment composition of juices from 39 genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 64:31-37.
- Balci, G., H. Demirsoy and L. Demirsoy. 2014. Effects of different organic wastes on mineral element content in organic strawberry cultivation cvs redline hope and fern. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 7(2): 46-52.
- Banday, F. A., S. A. Sofi and A. Hafiza. 2005. Effect of growth regulators on physicochemical characters and yield attributes of strawberry. *Applied Biological Research*. 7(1/2): 27-30.
- Bartczak, M., M. Pietrowska and M. Knaflewski. 2007. Effect of substrate on vegetative quality of strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Duch.) produced by a soilless method. *Folia Horticulturae*. 19(2): 39-46.
- Bartual, R., V. Cebolla, J. Bustos and J. M. Lopez-Aranda. 2002. The Spanish project on alternatives to methyl bromide (1): the case of strawberry in the area of Valencia. *Acta Horticulturae*. 567: 431-434.
- Berry, J. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol*. 31: 491-543
- Blanke M. 2002. Photosynthesis of strawberry fruit. *Acta Horticulturae*. 567: 373-375.
- Blevins, D.G and K.M. Lukaszewki. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. 49: 481-500
- Borkowska, B. 2002. Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. *Acta Physiol Plant*. 24: 365-370.
- Brandán, E. Z., R. R. Fernández, E. L. Villagra, S. M. Salazar, C. Cruz and R. Ponce de León. 2009. Effects of latitude in morphological and physiologic parameters and plant harvest index in fresh plants of strawberry cv. Camarosa. *Acta Hort*. 842: 711-714.

- Bridle, P. and C. Garcia-Viguera. 1997. Analysis of anthocyanins in strawberries and elderberries. A comparison of capillary zone electrophoresis and HPLC. *Food Chemistry*. 59: 299-304.
- Bringhurst, R. S. y V. Voth, 1984. Breeding octoploid strawberries. *Iowa State Journal of Research* 58: 371-382.
- Browne G. T., W. R. Detar, B. L. Sanden and C. J. Phene. 2002. Comparison of drip and sprinkler irrigation systems for applying metham sodium and managing stem rot on potato. *Plant Disease*. 86(11): 1211-1218.
- Bull C. T., J. Muramoto, J. L. Koike and C. Shennan. 2005. Strawberry cultivars and mycorrhizal inoculants evaluated in California organic production fields. Online. *Crop Management*. Doi: 10.1094/CM-2005-0527-02-RS.
- Bull, C. T., J. Muramoto, J. L. Koike, and C. Shennan. 2005. Strawberry cultivars and mycorrhizal inoculants evaluated in California organic production fields. Online. *Crop Management*. doi: 10.1094/CM-2005-0527-02-RS.
- Bunce, J. A. 2001. Seasonal patterns of photosynthetic response and acclimation to elevated carbon dioxide in field-grown strawberry. *Photosynthesis Research*. 68: 237-245
- Caird, M. A., J. H. Richards and L. A. Donovan. 2007. Nighttime stomatal conductance and transpiration in C3 and C4 plants. *Plant Physiol*. 143: 4-10.
- Calderón, Z. G., A. J. Rodríguez, M. O. Carrillo, Ch. M. Lara y R. Vega del R. 2009. CP Zamorana y CP Jacona, dos nuevas variedades de fresa para el subtrópico. 55 Reunión Anual de la Sociedad Interamericana para la Horticultura Tropical. Barquisimeto, Venezuela. 12-16 Oct. 2009. p 9.
- Caldwell, J. D., J. F. Hancock, and J. A. Flore. 1990. Strawberry leaf photosynthetic acclimation to temperature. *HortScience* 25: 1166.
- California Department of Pesticide Regulation. 2006. Summary of pesticide use report data 2005: Indexed by chemical. Sacramento, CA. www.cdpr.ca.gov/docs/pur/pur04rep/comrpt04.pdf (accessed Oct. 5, 2007).
- Cameron, J. S. and C. A. Hartley. 1990. Gas exchange characteristics of *Fragaria chiloensis* germplas. *HortScience*. 23:821.

- Campos-Motá, L., G. A. Baca-Castillo, D. Jaén-Contreras, A. Muratalla-Lúa, y R. Acosta-Hernández. 2004. Fertirrigation and mycorrhiza in red raspberry cultured on tepetate. *Agrociencia*. 38(1):75-83.
- Cardenas-Navarro R., L. Lopez-Perez, P. Lobit, R. Ruiz-Corro and V. C. Castellanos-Morales. 2006. Effects of nitrogen source on growth and development of strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition*. 29(9): 1699-1707.
- Carlen C., A. M. Potel and A. Ançay. 2009. Photosynthetic response of strawberry leaves to changing temperatures. *Acta Hort*. 838, ISHS.
- Carpenter, J., L. Lynch and T. Trout. 2001. Township limits on 1,3-D will impact adjustment to methyl bromide phase-out. *Calif.Agric*. 55(3):12-18.
- Castellanos-Morales, V., J. Villegas-Moreno, H. Vierheilig and R. Cardenas-Navarro. 2012. Nitrogen availability drives the effect of *Glomus intraradices* on the growth of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plants.
- Cavagnaro, T. R., L. E. Jackson, J. Six and H. Ferris. Mycorrhizal Fungi (AMF) for Biocontrol of Soilborne S. Goyal, D. Asami and K.M. Scow, 2006. Arbuscular Fungal Plant Pathogens. In: *Biological Control of mycorrhizas, microbial communities, nutrient Plant Diseases*, Chincholkar SB and Mukerji KG.
- Cayuela, J. A., J. M. Vidueira, M. A. Albi and F. Gutierrez. 1997. Influence of the ecological cultivation of strawberries (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) on the quality of the fruit and on their capacity for conservation. *J. Agric. Food. Chem*. 45: 1736-1740.
- Cekic, C. and E. Yilmaz. 2011. Effect of arbuscular mycorrhiza and different doses of phosphor on vegetative and generative components of strawberries applied with different phosphor doses in soilless culture. *African Journal of Agriculture Research*. 6(20): 4736-4739.
- Ceulemans, R., W. Baets, M. Vanderbruggen and I. Impens. 1986. Effects of supplemental irradiation with HID lamps, and NFT gutter size on gas exchange, plant morphology and yield of strawberry plants. *Scientia Hort*. 28: 7183.

- Chabot, B. F. and J. F. Chabot. 1977. Effects of light and temperatura on leaf anatomy and photosynthesis in *Fragaria vesca*. *Oecologia (Berl.)* 26: 363-377.
- Chandler, C. K., D. E. Legard and D. D. Dunigan. 2000. Strawberry Festival strawberry. *HortScience*. 35(7): 1366-1367.
- Chen, F., H. Liu, H. Yang, S. Lai, X. Cheng, Y. Xin, B. Yang, H. Hou, Y. Yao, S. Zhang, G. Bu and Y. Deng. 2011. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chemistry*. 126:450-459.
- Chen, K., G. Hu, N. Keutgen and F. Lenz. 1997. Effects of CO₂ concentration on strawberry. III. Dry matter production and wáter consumption. *J. Appl. Bot.* 71: 179-182.
- Cheng, L. and L. Fuchigami. 2002. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. *Tree Physiol.* 22: 1297-1303.
- Chi, W., R. Wang and C. Zhang. 2001. Changes of photosynthetic characteristics of strawberry leaf under shading. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 12(4): 566-568.
- Childers, N.F. 2003. Nutrient deficiencies in strawberry. In: N.F. Childers (ed.). *The strawberry: A book for growers, others*. Dr. Norman F. Childers Publications, Gainesville, FL. 126-129.
- Chiou T. J. and S. I. Lin .2011. Signaling network in sensing phosphate availability in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 62: 185-206.
- Choi, J. M. and C. W. Lee. 2012. Influence of elevated phosphorus levels in nutrient solution on micronutrient uptake and deficiency symptom development in strawberry cultured with fertigation system. *Journal of Plant Nutrition*35: 1349-1358.
- Choi, J. M. and A. Latigui. 2008. Effect f various magnesum concentrations on the quantity of chlorophyll of 4 varities of strawberry plants (*Fragaria ananassa* D.) cultivated in inert media. *Journal of Agronomy*. 7(3): 244-250.
- Choi, J. M., A. Latigui and C.W. Lee. 2011. Growth and nutrient uptake responses of Seolhyang strawberry to various ratios of ammonium to nitrate nitrogen in

- nutrient solution culture using inert media. *African Journal of Biotechnology*. 10(59): 12567-12574.
- Chow K. K., T. V. Price and B.C. Hanger. 1992. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems. *Sci Hortic (Amsterdam)* 52: 95-104.
- Cimen, I., V. Pirinci, I. Doran and B. Turgay. 2010. Effect of soil solarization and arbuscular mycorrhizal Fungusm (*Glomus intraradices*) on yield and Blossom-end rot of tomato. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12(4): 551-555.
- Claussen, W and F. Lenz. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes reductase and glutamine synthase in blueberry, raspberry and strawberry. *Plant and Soil*. 208: 95-102.
- Claussen, W. 2002. Growth, water use efficiency, and proline content of hydroponically grown tomato plants as affected by nitrogen source and nutrient concentration. *Plant and Soil* 2: 199-209.
- Clydesdale, F. M. 1993. Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 33(1): 83-101.
- Cohen, A. and A. Goell. 1988. Fruit growth and dry matter accumulation in grapefruit during periods of water withholding and after reirrigation. *Aust. J. Plant Physiol*. 15: 633-639
- Conti, S., G. Villari, S. Faugno, G. Melchionna, S. Somma and G. Caruso. 2014. Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy. *Scientia Horticulturae*. 180: 63-71
- Cordenunsi B. R., J. R. Oliveira Do Nascimento, M. I. Genovese and F. M. Lajolo. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *J. Agric. Food Chemistry* 50(9): 2581-2586.
- Cordier, C., A. Trouvelot, S. Gianinazzi, V. Gianinazzi-Pearson. 1996. Arbuscular mycorrhiza technology applied to micropropagated *Prunus avium* and to protection against *Phytophthora cinnamomi*. *Agronomie* 16: 679-688.

- Correia, P. J., M. Pestana, F. Martinez, E. Riberiro, F. Gama, T. Saavedra and P. Palencia. 2011. Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Scientia Horticulturae*. 130(2): 398-403.
- Craufurd, P. Q., P. V. V. Prasad and R. J. Summerfield. 2002. Dry matter production and rate of change of harvest index at high temperatura in peanut. *Crop. Sci.* 146-151.
- Crecente-Campo, J., M. Nunes-Damaceno, M. A. Romero-Rodríguez and M. L. Vázquez-Odériz. 2012. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis* 28: 23-30.
- Cruz-Rus, E., I. Amaya, J. F. Sanchez-Sevilla, M. A. Botella and V. Valpuesta: Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits. *J Exp Bot.* 62:4191-4201.
- Darnell, R. L., and G. C. Martin. 1988. Role of assimilate translocation and carbohydrate accumulation in fruit set of strawberry. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 113:114-118.
- Darnell, R. L. 2003. Strawberry growth and development. *In*: Childers, N F. (eds). *The Strawberry: a book for growers, others*. Gainesville: University of Florida. 3-10pp.
- Darnell, R. L., D. J. Cantliffe, D. S. Kirschbaum and C. K. Chandler. 2003. The physiology of flowering in strawberry. *Hort. Rev.* 28: 325-350
- Daugaard, H. 2001. Nutritional status of strawberry cultivars in organic production. *J PlantNutr.* 24:1337-1346.
- Davies, R. M. and J. A. Menge. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorous on *Phytophthora* root rot of citrus. *Phytopathology.* 70:447-452.
- Demirsoy, H., L. Demirsoy and A. Ozturk. 2005. Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. *Fruits.* 60: 69-73

- Demirsoy, L., H. Demirsoy and G. Balci. 2012. Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. *Pak. J. Bot.* 44(1): 125-129.
- Demirsoy, L., H. Demirsoy, B. Ersot, G. Balci and R. Kizilkaya. 2010. Seasonal variation of N, P, K and Ca content of leaf, crown and root of `Sweet Charlie` strawberry under different irradiation. *Zemdirbyste Agriculture.* 97(1): 23-32.
- Derkowska, E., L. Sas-Paszt, B. Sumorok, E. Szwonek and S. Gluszek. 2008. The Influence of mycorrhization and organic mulches on mycorrhizal frequency in apple and strawberry roots. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research.* 16: 227-242.
- Deyton, D. E., C. E. Sams and J. C. Cummins. 1991. Strawberry growth and photosynthetic responses to paclobutrazol. *HortScience* 26: 1178-1180.
- Di Vaio, C., S. Nocerino, A. Paduano and R. Sacchi. 2013. Characterization and bio-agronomic evaluation of olive germplasm cultivars in southern Italy. *J. Sci. Food Agric.* 93. 2458-2462
- Divers, Notes on Compost Teas: A Supplement to the ATTRA Publication: Compost Teas for Plant Disease Control. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA) (2002). Available: <http://www.attra.ncat.org> [15 July 2007].
- Djedidi, M., D. Gerasopoulos and E. Maloupa. 1999. The effect of different substrates on the quality of F. carmello tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protection in a hydroponic system. *Cahier option Mediterraneees.* 31: 379-383.
- Dodd, A. N., J. Kudla and D. Sanders. 2010. The Language of Calcium Signaling. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61: 593-620.
- Dotto, M. C., G. A. Martínez and P. M. Civello. 2006. Expression of expansin genes in strawberry varieties with contrasting fruit firmness. *Plant Physiology and Biochemistry.* 44: 301-307.
- Duan, R., M. Huang, Z. Wang, Z. M. Zhang and W. Fan. 2013. Effects of shading stress and light recovery on the photosynthesis characteristic and chlorophyll fluorescence characteristic of *Fragaria Ananassa* Duch. cv.

Toyonoka. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 5(6): 787-792

- Duniway, J. M. 2002. Status of chemical alternatives to methyl bromide for preplant fumigation of soil. *Phytopath.* 92: 1337:1343.
- Ebrahimi, R., M. K. Souiri, F. Ebrahimi and M. Ahmadizadeh. 2012. Effect of Different Substrates on Herbaceous Pigments and Chlorophyll Amount of Strawberry in Hydroponic Cultivation System American-Eurasian, *J. Agric. Environ. Sci.* 12 (2): 154-158.
- Ekkholm, P., H. Reinivuo, P. Mattila, H. Pakkala, J. Koponen, A. Happonen, J. Hellstrom and M. Ovaskainen. 2007. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 487-495.
- Ellmore C. L. 1991. Weed control by solarisation. *In: Katan J, DeVay JE, editors. Soil solarisation. Boca Raton (FL): CRC Press. p. 61-72.*
- Ercisli, S., U. Sahin, A. Esitken and O. Anapali. 2005. Effects of some growing media on the growth of strawberry cvs. Camarosa and Fern. *Acta Agrobotanica*. 58(1):185-191.
- Erdal, I., K. Kepenek and I. Kizilgoz. 2004. Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk J. Agric For.* 28: 421-427.
- Ersoy, B. and H. Demirsoy. 2006. Study on effects of different shading treatments on seasonal variation of some nutrients in 'Camarosa' strawberry. *J. Fac. Agric., OMU.* 21: 82-88.
- Eshel, D., A. Gamliel, A. Grinstein, P.D. Primo and J. Katan. 2000. Combined soil treatments and sequence of application in improving the control of soilborne pathogens. *Phytopathology*. 90:751-57.
- Eshghi, S., M. R. Safizadeh, B. Jarnali and M. Sarseifi. 2012. Influence of foliar application of volk oil, dormex, gibberellic acid and potassium nitrate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. Merakq *J. Biolo. Environ. Sci.* 6(16): 35-38.

- Estringü, A., M. Turan, A. Gunes, A. E itken and P. Sambo. 2011. Boron application improves on yield and chemical composition of strawberry. *Acta Agric. Scan. Sec. B. Plant and Soil science*. 61(3): 245-252.
- Estrada-Ortiz, E., L. I. Trejo-Téllez, F. C. Gómez-Merino, R. Nuñez-Escobar y M. saldoval-Villa. 2011. Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(3): 129-138.
- Fan, Y., Y. Luan and L. An. 2008. Arbuscular mycorrhizae formed by *Penicillium pinophilum* improve the growth, nutrient uptake and photosynthesis of strawberry with two inoculum-types. *Biotechnol Lett*. 30: 1489-1494.
- FAOSTAT. 2013. Producción Mundial de fresa. Último acceso: Febrero de 2014, <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- Fennimore, A., J. M. Duniway, G.T. Browne, F.N. Martin, H.A.Ajwa, B.B. Westerdahl, R.E.Goodhue, M.Haar and C. Winterbottom. 2008. Methyl bromide alternatives evaluated for California strawberry nurseries. *California Agriculture*. 62(2):62-67.
- Fernandez, G. E., L. M. Butler, and F. J. Louws. 2001. Strawberry growth and development in an annual plasticulture system. *HortScience*. 36(7):1219-1223.
- Ferree, D.C. and E. J. Stand. 1998. Seasonal plant shading, growth and fruiting in Earliglow strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*. 113 (3):322-327.
- Ferreyra, R. M., S. Z. Viña, A. Mugridge and A. R. Chaves. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selvaq. *Sci. Hort*. 112:27-32.
- Flexas, J. and H. Medrano. 2002. Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany*. 89:183-189.
- Flore, J. A. and D. R. Layne. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience*. 34: 1015-1019.

- Forney, C. F. and P. J. Breen. 1985. Dry matter partitioning and assimilation in fruiting and deblossomed strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:181-185.
- Forney, C. F. and P. J. Breen. 1986. Sugar content and uptake in the strawberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:241-247.
- Gallie, D. R. 2013. Ascorbic Acid: A multifunctional molecule supporting plant growth and development. *Scientifica*: 1-25.
- Gange, A. C., H. M. West. 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytol.* 128: 79-87.
- Ghadery, N. and A. Siosemardeh. 2011. Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Hort. Environ. Biotechnol.* 52(1):6-12.
- Gliessman, S. R., S. L. Swezey, J. Allison, J. Cochran, J. Farrell, R. Kluson, F. Rosado-May, M. Werner. 1990. Strawberry production systems during conversion to organic management. *California Agriculture.* 44:4-7.
- Goiffon, J. P., P. P. Mouly and E. M. Gaydou. 1999. Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta.* 382: 39-50.
- Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass and G. D. Bending. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 113:17-35
- Grant, O. M., A. W. Johnson, J. Davies, C. M. James and D. W. Simpson. 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria xananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany.* 68: 264-272.
- Grant, O. M., M. J. Davies, A. W. Johnson and D.W. Simpson. Physiological and growth responses to water deficits in cultivated strawberry (*Fragaria xananassa*) and in one of its progenitors, *Fragaria chiloensis*. *Environmental and Experimental Botany.* 83: 23-32.

- Grünzweig, J. M., J. Katan, Y. Ben-Tal and H.D. Rabinowitch. 1999. The role of mineral nutrients in the increased growth response of tomato plants in solarized soil. *Plant and Soil* 206: 21-27.
- Gryndler, M., M. Vostka, H. Hrellov, V. Catsk, I. Chvtalov and J. Jansa. 2002. Effect of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria on growth and mineral nutrition of strawberry. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 1341-1358.
- Guiwen, W. C and P. J. Breen. 1992. Cell count and size in relation to fruit size among strawberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(6):946-950.
- Güler, S., I. Macit, A. Koç, H. Ibricki. 2006. Estimating leaf nitrogen status of strawberry by using chlorophyll meter reading. *Journal of Biological Science*. 6: 1011-1016.
- Gunness, P., O. Kravchuk, S. M. Nottingham, B. R. Darcy and M. J. Gidley. 2009. Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis. *Postharvest Biology and Technology* 52: 164-172.
- Hakala, M., A. Lapvetelainen, R. Huopalahti, H. Kallio and R. Tahvonen. 2003. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16: 67-80.
- Hakala, M., R. Tahvonen, R. Huopalahti and A. Lapvetelainen. 2002. Quality factors of finish strawberries. *Acta Hort.* 567: 727-730.
- Häkkinen, S. H., O. Sirpa, M. Heinonen, H. M. Mykkänen and R. Torronen. 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin and kaempferol in 25 edible berries. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2960-2965
- Hammad, S., T. Elzehery and A. Ramadan. 2014. Influence of compost, effective microorganisms (EM) and potassium on strawberry production in sandy soils. *Acta Horticulturae*. 1049: 407-414.
- Hancock J. F., J. A. Flore and G. J. Galletta. 1989. Gas exchange properties of strawberry species and their hybrids. *Scientia Horticulturae*. 40:139-144.
- Hancock J. F. 1999. *Strawberries*. CABI Publishing. Michigan, USA. 237 p.

- Hancock J. F., T. M. Sjulín and G. A. Lobos. 2008. Strawberries. *In*: Hancock J.F. (Ed.). Temperate fruit crop breeding. Springer Science+Business Media B.V., Pp. 393-438.
- Hang, N.T.T., S. O. Oh, G. H. Kim, J. S. Hur and Y. J. Koh. 2005. *Bacillus subtilis* S1-0210 as a biocontrol agent against *Botrytis cinerea* in strawberries. *Plant Pathol. J.* 21(1): 59-63
- Harbut, R. M., J.A. Sullivan and J.T.A. Proctor. 2010. Temperature affects dry matter production and net carbon exchange rate of lower-ploidy *Fragaria* species and species hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 90: 885-892.
- Hargreaves, J.C., M. S. Adl, P. R. Warman and H. P. V. Rupasinghe. 2008. The effects of organic and conventional nutrient amendments on strawberry cultivation: fruit yield and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 88: 2669-2675.
- Hargreaves, J.C., M. S. Adl and P.R. Warman. 2009a. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of Sciences and Food Agriculture.* 89:390-397.
- Hargreaves, J. C., M. S. Adl and P.R. Warman. 2009a. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *Journal of Sciences and Food Agriculture.* 89:390-397.
- Hargreaves, J. C., M. S. Adl and P.R. Warman. 2009b. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science and Utilization.* 17:85-94.
- Harrier, L.A., C. A. Watson. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest Manage. Sci.* 60: 149-157.
- Harrison, E, S. McQueen-Mason, K. Manning. 2001. Expression of six expansin genes in relation to extension activity in developing strawberry fruit, *J. Exp. Bot.* 52: 1437-1446.
- Hernandez-Sebastian, C., Y. Piche and Y. Desjardins. 1999. Water relations of whole strawberry plantlets in vitro inoculated with *Glomus intraradices* in a tripartite culture system. *Plant Sci.* 143:81-91. Temperature affects dry

matter production and net carbón exchange rate of lower-ploidy *Fragaria* species and species hybrids. *Can. J. Plant. Sci.* 90:885-892.

Hidaka K., E. Ito, Y. Sago, D. Yasutake, Y. Miyoshi, M. Kitano, K. Miyauchi, M. Okimura and S. Imai. 2012. High yields of strawberry by applying vertically-moving beds on the basis of leaf photosynthesis. *Environ. Control Biol.* 50: 143-152.

Hidaka, K., K. Dan, H. Imamura, Y. Miyoshi, T. Takayama, K. Sameshima, M. Kitano and M. Okimura. 2013. Effect of supplemental lighting from different light sources on growth and yield of strawberry. *Environmental Control Biology.* 51(1):41-47.

Himelrick, D. G. and W. A. Dozier Jr. 1991. Soil fumigation and soil solarization in strawberry production. *Adv. Strawberry Prod.* 10:12-28.

Holcroft, D. M. and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 17:19-32.

Horchani, F., S. Aschi-Smiti and R. Brouquisse. 2010. Involvement of nitrate reduction in the tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to prolonged root hypoxia. *Acta Physiol Plant.* 32:1113-1123.

Albregts, E. E. and C. M. Howard Hort. Soc. 55:16-20. 1980. Accumulation of Nutrients by Strawberry Plants and Fruit Grown in Annual Hill Culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105: 386-388.

Hortynski, J.A., J. Zebrowska, J. Gawrónski and T. Hulewicz. 1991. Factors influencing fruit size in the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. *Euphytica* 56: 67-74.

Hortynski, J. A., K. Liniewicz and T. Hulewicz. 1994. Influence of some atmospheric factors affecting yield and single fruit weight in strawberry. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 69: 89-95.

Houillier, P. 2014. Mechanisms and regulation of renal magnesium transport. *Annu. Rev. Physiol.* 76:411-430

- Lapichino, G., C. Prinzivalli and F. D'Anna. 2008. Soil solarization as an alternative to methyl bromide fumigation for annual strawberry production in a mediterranean area. *Journal of Sustainable Agriculture*. 32: 365-375.
- Lapichino, G., C. Prinzivalli, and F. D'Anna. 2008. Soil solarization as an alternative to methyl bromide fumigation for annual strawberry production in a Mediterranean area. *Journal of Sustainable Agriculture*. 32(2): 365-375.
- Inden, H. and A. Torres. 2004. Comparison of Four Substrates on the Growth and Quality of Tomatoes. *Acta Hort*. 644:205-210.
- Jafania, S., S. Khosrowshadi, A. Hatamzadeh and A. Tehranifar. 2010. Effect of substrate and variety on some important quality and quantity characteristics of strawberry production in vertical hydroponics system. *Advances in Environmental Biology*. 4(3): 360-363.
- Jean-Pierre, P., J. A. Sullivan and J. T. A. Proctor. 1994. Carbon partitioning and translocation in primocane-fruiting red raspberries (*Rubus idaeus* L.). *J. Ame. Hort. Sci*. 119(3):604-609.
- Jhonson, C. 2009. *Biology of soil science*. Editorial Global Media. Jaipur, India. 309 Pp.
- Juárez-Rosete, C.R., M.N. Rodríguez-Mendoza, M. Sandoval-Villa y A. Muratalla-Lúa. 2007. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 25(1):17-23
- Kabir, Z., S. A. Fennimore, J. M. Duniway, G.T. Browne, C. Q. Winterbottom, H. A. Ajwa, B. B Westerdahl, R. E. Goodhue and M.J. Haar. 2005. Alternatives to methyl bromide for strawberry runner plant production. *HortScience*. 40(6):1709-1713.
- Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Hort*. 485: 203-208.
- Kadir S. and G. Sidhu. 2006. Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. *HortScience*. 41(6): 1423-1430.
- Kadir, S., E. Carey and S. Ennahli. 2006. Influence of high tunnel and field conditions on strawberry growth and development. *HortScience*. 41:329-335.

- Kafkas, E., M. Kosar, S. Paydas, S. Kafkas, and K. H. C. Baser. 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*. 100: 1229-1236.
- Kalt, W. 2001. Health functional phytochemicals of fruit. *Horticultural Reviews* 27: 269-315.
- Kanazirska, V., H. R. Simidchiev and K. Chakalov. 1997. Effect of zeolite on yield and fruit quality of greenhouse cucumbers. In; *Proc.Natural Zeolite Conf. Sofia, Italy*, Pp:109-110.
- Katan, J. 2005. Soil disinfestation: one minute before methyl bromide phase out. *Proc VI Int Symp on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation. Acta Horticulturae*. 698:19-25.
- Katan, J., A. Greenberger, H. Alon and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology*. 66:683-688.
- Kaya, C., H. Kirnak, D. Higgs and K. Saltali. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Hort*. 93: 65-74.
- Keutgen N., K. Chen, and F. Lenz. 1997. Responses of strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO₂. *J Plant Physiol*. 150: 395-400.
- Keutgen, N., K.Chen and F. Lenz. 1997. Responses of strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO₂. *J. Plant Physiol*. 150: 395-400.
- Khanizadeh, S., C. Brodeur, R. Granger and D. Buszard. 2000. Factors associated with winter injury to apple trees. *Acta Hort*. 514:179-192
- Klamkowski, K. and W. Treder. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 71:159-165.
- Klamkowski, K. and W. Treder. 2008. Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 16:179-188.

- Kobayashi, T. and N. K. Nishizawa. 2012. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:131-52
- Kopanski, K and Z. Kawecki. 1994. Nitrogen fertilization and growth and cropping of strawberries in the conditions of Zlawy. III. Cropping and fruit chemical composition. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis, Agricultura.* 58:135-142.
- Koyuncu, M. A. and T. Dilmacunal. 2010. Determination of Vitamin C and Organic Acid Changes in Strawberry by HPLC During Cold Storage. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 38(3): 95-98
- Kramer S. and W. Schultze.1985. The effects of the quality of young plants on strawberry yield. *Gartenbau.* 32:115-117.
- Kristl, J., A. U. Krajnc, B. Kramberger and S. G. Mlakar. 2013. Strawberries from integrated and organic production: mineral contents and antioxidant activity. *Acta Chim. Slov.*60:19-25.
- Kronzucker, H. J., D. T. Britto, R. Davenport and M. Tester. 2001. Ammonium toxicity and the real cost of transport. *Trends in Plant Science.* 6: 335-337.
- Kumakura, H., and Y. Shishido. 1995. Effects of temperature and light conditions on flower initiation and fruit development in strawberry. *Jpn Agr Res Q.* 29: 241-250.
- Lamarre, M. and M.J. Lareau. 1997. Influence of nitrogen, potassium and magnesium fertilization on day-neutral strawberries in Quebec. *Acta Hort.* 439: 701-704.
- Lanzi, A., L. Incrocci, R. Pulizzi, A. Pardossi and P. Marzalletti. 2009. Evaluation of some peat-alternative substrates in horticultural crops. *Acta Horticulture.* 807:553-558.
- Larson, K. D. and D.V. Shaw. 1996. Soil fumigation, fruit production, and dry matter partitioning of field-grown strawberry plants. *Journal of American Society for Horticultural Science.* 121(6):1137-1140.
- Larson, K.D. and D.W. Shaw. 2000. Soil fumigation and runner plant production: A synthesis of four years of strawberry nursery field experiments. *HortScience.* 382:96-103.

- Ledesma, N. A., M. Nakata and N. Sugiyama. 2007. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Niyoho' and 'Toyonoka'. *Scientia Horticulturae*. 166:186-193.
- Lee, S. K. and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biological Technology*. 20:207-220.
- Lemaire, G. and J. Salette. 1984. Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l'ouest de la France. I. Étude en conditions de nutrition azotée et d'alimentation hydrique non limitant es. *Agronomie*. 7:381-2389.
- Lemaire, G., P. Cruz, G. Gosse and M. M. Chartier. 1985. Étude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie*. 5:685-692.
- Leonor, F.S., L. M. Ferguson, F.J. Louws and G.E. Fernandez. 2007. Strawberry growth and productivity in fumigated compared to compost-amended production systems. *Hortscience*. 42(2):227-231.
- Leskinen, M., H.M. Vaisanen and J. Vestergaard. 2002. Chemical and sensory quality of strawberry cultivars used in organic cultivation. *Acta Hort*. 567: 523-526.
- Li, H., T. Li, G. Fu. and P. Katulanda. 2013. Induced leaf intercellular CO₂, photosynthesis, potassium and nitrate retention and strawberry early fruit formation under macronutrient limitation. *Photosynth Res*. 115:101-114.
- Li, H., T. Li., R. J. Gordon and S. Asiedu. 2009a. Relationships of strawberry nursery plant propagation with soil phosphorus, iron and water variation. *In Proc. 16th International Plant Nutrition Colloquium. Functions, Interactions and Diagnosis of Nutrient Status* 17-19 p.
- Li, H., Li, T., Gordon, R.J., Asiedu, S.K., Hu, K., 2010. Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. *Environmental and Experimental Botany* 68:165. 174.

- Li, Y., A. Yanagi, Y. Miyawaki, T. Okada and Y. Matsubara. 2010. Disease tolerance and changes in antioxidative abilities in mycorrhizal strawberry plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 79(2):174-178.
- Li, Y., Y. Miyawaki, Y. Matsubara and K. Koshikawa. 2006. Tolerance to anthracnose in mycorrhizal strawberry plants grown by capillary watering method. *Environ. Control Biol.* 44: 301-307.
- Lieten, F. and R. U. Roeber. 1997. effect of Copper concentration in the nutrient solution on the growth of strawberries in peat and peperlite. *Acta Horticulture.* 450: 495-500.
- Lieten, F. 2001. Iron Nutrition of Strawberries Grown in Peat Bags, *Small Fruits Review.* 1(2):103-112.
- Lieten, F. 1996a. The effect of substrate temperature on strawberry performance on peat bags. *Acta Hort.* 405:501-504.
- Lieten, F. 2001. Belichtingsonderzoek bij aardbeien. *Fruiteeltnieuws* 17:26-27.
- Lieten, F. 2002a. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Hort.* 567:451-454.
- Lieten, F. 2003. La fumure des tray-plants. *Le Fruit Belge.* 502:75-77.
- Lieten, F. 1994. Strawberries in peat bags: autumn fertilizer application in relation to continuous culture. *Fruiteelt nieuws.* 7(13): 26-27.
- Lieten, F. and C. Misotten. 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. 'Elsanta') grown on substrate. *Acta Hort.* 348: 299-306.
- Lieten, P. 2013. Advances in Strawberry Substrate Culture during the Last Twenty Years in the Netherlands and Belgium. *International Journal of Fruit Science.* 13: 84-90.
- Lima e Silva, P.S., R. P. Antonio, D.A. Dantas and G.H de Sousa Nunes. 2006. Juice extraction for total soluble solids content determination in melon. *Revista Caatinga.* 19(3):268-271.
- Liu, A., C. Hamel, R. I. Hamilton, B. L. Ma, D. L. Smith. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza.* 9: 331-336.
- Lopes-da Silva, F., M.T. Escribano-Bailón, J.J. Pérez-Alonso, J.C. rivas-Gonzalo and C. Santos.Buelga. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT.* 40:374-382.

- Lopes-da-Silva, F., S. de Pascual-Teresa, J. C. Rivas-Gonzalo, and C. Santos-Buelga. 2002. Identification of anthocyanin pigments in strawberry (cv Camarosa) by LC using DAD and ESI-MS detection. *European Food Research and Technology*. 214: 248-253.
- Lopez-Aranda, J.M., J.J. Medina and L. Miranda. 2002. The Spanish project on alternatives to methyl bromide (1): the case of strawberry in the area of Huelva. *Acta Horticulturae*. 567:427-429.
- López-Arredondo, D.L., M. A. Leyva-González, S. I. González-Morales, J. López Bucio and L. Herrera-Estrella. 2014. Phosphate Nutrition: Improving Low-Phosphate Tolerance in Crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65:95-123
- Maas, J. L. 1998. *Compendium of stawberry diseases*, 2nd edn. APS Press, Beltsville, Maryland.
- Maas, J. L., S. Y. Wang and G. J. Galletta. 1996. Health enhancing properties of strawberry fruit, p. 11. 18. In: M.P. Pritts, C.K. Chandler, and T.E. Crocker (eds.). *Proc. IV North Amer. Strawberry Conf.*, Orlando, FL.
- MacKenzie S. J., C. K. Chandler, T. Hasing and V. M. Whitaker. 2011. The role of temperature in the late-season decline in soluble solids content of strawberry fruit in a subtropical production system. *HortScience*. 46(11):1562-1566.
- Mackenzie, S. J. and C. K. Chandler. 2009. The late season decline in strawberry fruit soluble solid content observed in Florida is caused by rising temperatures. *Acta Hort*. 842:843-846.
- Mahmood, T., F. Anwar, T. Iqbal, I. Ahmad-Bhatti and M. Ashraf .2012. Mineral composition of strawberry, mulberry and cherry fruits at differentvripening stages as analyzed by inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy,v*Journal of Plant Nutrition*. 35(1): 111-122
- Manleitner, S., F. Lippert and Noga, G. 2002. Influence of packaging material on quality and shelf life of strawberries. *Acta Hort*. 567: 771-773.
- Marini, R. P. and J. A. Baren. 1981. Seasonal correlations of specific leaf weight to net photosynthesis and dark respiration of Apple tres. *Photosynth. Res.* 2(4):251-258.

- Marinou, E., A. Chysargyris and N. Tzortzakis. 2013. Use of Sawdust, coco soil and pumice in hydroponically grown strawberry. *Plant Soil Environ.* 59(10): 452-459.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*; Academic Press: London. 889 Pp.
- Martins, M.C.M., M. Hejazi, J. Fettke, M. Steup, R. Feil, U. Krause, S. Arrivault, D. Vosloh, C. M. Figueroa, A. Ivakov, U. P. Yadav, M. Piques, D. Metzner, M. Stitt and J. E. Lunn. 2013. Feedback Inhibition of Starch Degradation in Arabidopsis Leaves Mediated by Trehalose 6-Phosphate. *Plant Physiology.* 163:1142-1163.
- Matsubara, Y., T. Ishigaki and K. Koshikawa. 2009. Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. *Sci. Hortic.* 119: 392-396.
- May, G. M. and M. P. Pritts. 1990. Strawberry nutrition. *Adv. Strawberry Prod.* 9:10-24.
- May, G. M., M. P. Pritts and M. C. Kelly. 1994. Seasonal patterns of growth and tissue nutrient content in strawberries. *J. Plant Nutrit.* 17:1149-1162.
- McGovern, R. J., McSorley R, Bell ML. 2002. Reduction of landscape pathogens in Florida by soil solarisation. *Plant Dis.* 86:1388-1395.
- McGovern, R. J., R. McSorley, R.R. Urs. 2000. Reduction of Phytophthora blight of Madagascar periwinkle in Florida by soil solarisation in autumn. *Plant Dis.* 84:185-191.
- McSorley, R., K. H. Wang, E. N. Roskopf, N. Kokalis-Burelle, H.N. Hans Petersen, H. K. Gill and R. Krueger. 2009. Nonfumigant alternatives to methyl bromide for management of nematodes, soil-borne disease, and weeds in production of snapdragon (*Antirrhinum majus*). *International Journal of Pest Management.* 55(4): 265-273.
- Medrano, H. E., J. M. Bota, J. J. Gulías and J. Flexas. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive Drought; stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany.* 89: 895-95.

- Mellidou, I., J. Keulemans, A. K. Kanellis and M. W. Dawey. 2012. Regulation of fruit ascorbic acid concentrations during ripening in high and low vitamin C tomato cultivars. *Plant Biology*. 12: 239
- Mena-Violante, H. G., O. Ocampo-Jiménez, L. Dendooven, G. Martínez-Soto, J. González-Castañeda, F.T. Davies Jr., and V. Olalde-Portugal. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L.) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*. 16:261-267.
- Mercelis, L. F. M. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *Journal of experimental Botany*. 47:1281-1291.
- Miranda, J. H., R. Williams. 2007. Developmental influence of in vitro light quality and carbon dioxide on photochemical efficiency of PS II of strawberry leaves (*Fragaria x ananassa*). *J. Appl. Hort.* 9(1):13-16
- Mitcham, E.J. 2004. Strawberry. *In*: Gross, K.C; Wang, C.Y y Saltveit, M.E. (Eds.). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops*. U.S. USDA. Handbook 66, <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html>.
- Miura, H., M. Yoshida and A. Yamasaki. 1994. Effect of temperatura on the size of strawberry fruit. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 62:769-774.
- Moe, R., S. O. Grimstad and H. R. Gisler d. 2006. The Use of Artificial Light in Year Round Production of Greenhouse Crops in Norvegy. *Acta Horticulturae*. 711: 35-42.
- Morales, C. G., M. T. Pino and A. del Pozo. 2013. Phenological and physiological responses to drought stress and subsequent rehydration cycles in two raspberry cultivars. *Scientia Horticulturae*. 162: 234-241.
- Musto, M. and M. L. Satriano. 2010. Fruit responses to postharvest heat treatment time: characterisation of heat-treated strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. Candonga fruits. *Agronomy Research*. 8(1): 815-826
- Nam, M. H., S. K. Jeong, Y. S. Lee, J. M. Choi and H. G. Kim. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathology*. 55:246-249.

- Neshev, G. 2008. Major soil-borne phytopathogens on tomato and cucumber in Bulgaria, and methods for their management. In: Manual on alternatives to replace methyl bromide for soil-borne pest control in East and Central Europe. Ed. by Labrada R, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome Italy, Pp: 1-20.
- Nestby, R. 1998. Effect of N-fertigation on fruit yield, leaf N and sugar content in fruits of two strawberry cultivars. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 73 (4): 563-568
- Nestby, R., F. Lieten, D. Pivot, C. R. Lacroix and M. Tagliavini. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs. *International Journal of Fruit Science*. 5(1): 139-156.
- Nishizawa, T. and Y. Shishido. 1998. Changes in sugar and starch concentrations of forced June-bearing strawberry plants as influenced by fruiting. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123: 5255.
- Nourizadeh, M. 2003. The effect of different substrate cultivation on the growth, performance and quality of greenhouse cucumber in without soil cultivation system. M.Sc Theses on Horticulture, Horticulture Guilan University, Iran.
- Nowak, J. 2004. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and organic fertilization on growth, lowering, nutrient uptake, photosynthesis and transpiration of geranium (*Pelargonium hortorum* L.H.Bailey 'Fango Orange'). *Symbiosis* 37:259-266.
- Nunes, M.C.N., J. K. Brecht, A.M.M.B. Morais and S. A. Sargent. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberry after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*. 6: 17-28
- Oda, Y. 2002. Photosynthetic characteristics and geographical distribution of diploid *Fragaria* species native in Japan. *Acta Horticulturae*. 567: 381-383.
- Orhan, E., A. Esitken, S. Ercisli, M. Turan and F. Sahin. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Sci. Hort.* 111: 38-43.
- Ornelas-Paz, J. J., E. M. Yahia, N. Ramírez-Bustamante, J. D. Pérez-Martínez, M. P. Escalante-Minakata, V. Ibarra-Junquera, C. Acosta-Muñiz, V. Guerrero-Prieto and E. Ochoa-Reyes. 2013. Physical attributes and chemical

- composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*.138: 372-381.
- Overman, A. J., C. M. Howard, and E. E. Albregts. 1987. Soil solarization for strawberries. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 100:236-239.
- Ozgonen, H. and A. Erkilic. 2007. Growth enhancement and *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. *Crop Protec.* 26: 1682-1688.
- Palencia, P., F. Martinez and C. Weiland. 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on quality of strawberry fruit in soilless growing system. *Acta Horticulturae*. 1013:493-498.
- Palha M. G., J. L. Campo and P. B. Oliveira. 2012. Strawberry plant growth and dry matter partitioning as influenced by planting date and plant type in an autumn production system. *Acta Hortic.* 926: 463-469.
- Palha, M. G., J. L. Campo, L. Reis and C. S. Andrade. 2009. Solarization and chemical preplanting soil disinfections effects on strawberry production. *Acta Horticulturae*. 842: 949-952.
- Palha, M. G., M. C. Andrade, J. L. Campo, A. Cecilio, M. A. Ferreira, L. G. Reis, E. Valério and M. C. Lopes. 2005. Efeito da desinfecção do solo na protecção fitossanitária e produtividade do morangueiro. *Actas da Associação Portuguesa de Horticultura*. 2: 69-76.
- Pandey, A. K., H. White and G. K. Podila. 2007. Functional Genomic Approaches for micorrhizal research. *In*. Varma, A, and R. Oelmüller. *Advanced Techniques in Soil Microbiology*. USA. 18-33 Pp.
- Pane, C., R. Spaccini, A. Piccolo, F. Scala and G. Bonanomi. 2011. Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biol. Control*. 56:115-124.
- Paraskevopoulou-Paroussi, G., N. Karagiannidis, E. Paroussis and G. Spanomitsios. 1997. The effect of mycorrhiza on nutrient uptake and plant development of three strawberry cultivars. *Proc. 3rd Int. Strawberry Symp. In Acta Horticulturae*. 439(2):709-715.

- Paszko, D. 1998. Wpływ rednicy pędu skróconego sadzonki na wzrost i plonowanie dwóch odmian truskawki. Zesz. Nauk. AR Kraków 333: 557-560. [In Polish]
- Pérez de Camacaro, M. E., G. J. Camacaro, P. Hadley, M. D. Dennett, N.H. Battey and J. G. Carew. 2004. Effect of plant density and initial crown size on growth, development and yield in strawberry cultivars Elsanta and Bolero. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79(5): 739-746.
- Perez-Cayo, Y.D., M. C. N. Nunes and V. M. Whitaker. 2013. Effect of Harvest Date on the Soluble Solids Content and Sugar Profile of Commercial Strawberry Cultivars and Advanced Selections from the University of Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 126:180-183.
- Pilanal, N. and M. Kaplan. 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of Humic Acid applications of different forms to Strawberry Plant. J. of Plant Nutri. 26(4): 835-843.
- Podeszinski, C., Y. Dalpe and C. Charest. 2002. In situ turfgrass establishment: I. Responses to arbuscular mycorrhizae and fertilization. J. Sustainable Ag. 20:57-74
- Porter, I. J. and S. W. Mattner. 2002. Non-chemical alternatives to methyl bromide for soil treatment in strawberry production. Proceedings of the international conference on alternatives to methyl bromide (Seville, Spain), pp. 41-45.
- Pozo, M. J., C. Cordier, E. D. Gaudot, J. M. Barea and C. A. Aguilar. 2002. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. J. Exp. Bot. 53: 525-534.
- Prasad, P. V. V., S. R. Pisipati, I. Momcilovic and Z. Ristic. 2011. Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. J Agron Crop Sci 197:430-441
- Preusch, P. L., F. Takeda and T. J. Tworkoski. 2004. N and P uptake by strawberry plants grown with composted poultry litter. Sci. Hortic (Amsterdam).102:91-103.

- Pritts M.P and D. Handley. 1998. Strawberry production guide for the Northeast, Midwest, and Eastern Canada. Ithaca, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension:
- Puritch, G. S. and A. V. Baker. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplast during ammonium toxicity. *Plant Physiology*. 42:1229-1238.
- Quesada, M. A., R. Blanco-Portales, S. Pose, J. A. García-Gago and S. Jiménez-Bermudez. 2009. Antisense down-regulation of the FaPG1 gene reveals an unexpected central role for polygalacturonase in strawberry fruit softening. *Plant Physiol* 150:1022-1032.
- Raines, C. A. 2006. Transgenic approaches to manipulate the environmental responses of the C3 carbon fixation cycle. *Plant, Cell and Environment*. 29:331-339.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. *HortTechnology*.15: 52-57.
- Recamales, A. F., J. López Medina and D. Hernanz. 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *J. Food Qual.* 30: 837-853.
- Reekie, J. Y., P. C. Struik, P. R. Hicklenton and J. R. Duval. 2007. Dry matter partitioning in a nursery and a plasticulture fruit field of strawberry cultivars 'sweet charlie' and 'camarosa' affected by prohexadione-calcium and partial leaf removal. *Europ.Hort. Sci.* 72(3):122-129.
- Reganold, J. P., P. K. Andrews, J. R. Reeve, L. Carpenter-Boggs, C. W. Schadt, J. R. Alldredge, C. F. Ross, N. M. Davies and J. Zhou. 2010. Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PlosONE*. 5(9): 1-14.
- Rivière, L. M., P. Morel, J. C. Michel and S. Charpentier. 2008. Growing media in french horticulture. *Acta Horticulturae*. 779: 33-38.
- Robinson, G. M, and M.A. Robinson. 1931. Survey of anthocyanins I. *Biochemical Journal*. 25: 1687-1705.

- Rosen, C. J., E. E. Hoover and J. J. Luby. 1988. Influence of foliar-applied N-P-K fertilizers on productivity and nutrition of June-bearing strawberries. *Can.J. Plant. Sci.* 68: 277-282.
- Roussos, P. A., N. K. Denaxa and T. Damcakaris. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*. 119: 138-146.
- Roussos, P. A., N. K. Denaxa and T. Damcakaris. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Hort.* 119: 138-146.
- Ruan, J., Y. Hun, S. J. Hong, and Y. R. Yeoung. 2013. Sugar and organic acid contents of day-neutral and ever-bearing strawberry. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54(3): 214-222.
- Sage, R. F. and D. S. Kubien. 2007. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*. 30: 1086-1106
- Salame, T. P and B. M. Santos. 2012. Evaluation of Soilless Media for Strawberry Production in Vertical and Horizontal Systems under a Nethouse. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 125:144-146.
- Samtani, J. B., H. A. Ajwa, J. B. Weber, G. T. Browne and S. Klose. 2011. Evaluation of non-fumigant alternatives to methyl bromide for weed control and crop yield in California strawberries (*Fragaria ananassa* L.). *Crop Protection*. 30:45-51.
- Sances, F. V. and E. R. Ingham. 1996. Conventional and organic alternatives to methyl bromide on California strawberries. *Compost Science and Utilization*. 5(2): 23-37
- Sanders, D., C. Brownlee, J. F. Harper. 1999. Communicating with calcium. *Plant Cell*. 11:691-706
- Sanders, I. R. and D. Croll. 2010. Arbuscular mycorrhiza: the challenge to understand the genetics of the fungal partner. *Annual Review of Genetics*. 44: 271-292.

- Sarooshi, R. A. and G. C. Cresswell. 1994. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. *Aust J Exp Agric*. 34: 529-535.
- Schachtman, D. P. and R. Shin. 2007. Nutrient sensing and signaling: NPKS. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 47-69
- Schaffer, B., J. A. Barden and J. M. Williams. 1986: Net photosynthesis, dark respiration stomatal conductance, specific leaf weight, and chlorophyll content of strawberry plants as influenced by fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 82-86.
- Schaffer, B., J. A. Barden and J. M. Williams. 1986. Whole plant photosynthesis and dry-matter partitioning in fruiting and deblossomed day-neutral strawberry plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 430-433.
- Scheuerell, S. and W. Mahaffee. 2002. Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost Sci Util.* 10: 313-338
- Schnarrenberger, C. and W. Martin. 2002. Evolution of the enzymes of the citric acid cycle and the glyoxylate cycle of higher plants- a case study of endosymbiotic gene transfer. *Eur J Biochem.* 269: 868-883.
- Serce, S. and J. F. Hancock. 2005. The temperatura and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F.virginiana* and *F.ananassa*. *Sci. Hortic.* 103: 167-177.
- Serce, S., P. W. Callow, H. J. Ho, J. F. Hancock. 2002. High temperature effects on CO₂ assimilation rate in genotypes of *Fragaria xananassa*, *F. chiloensis* and *F. virginiana*. *Journal of the American Pomological Society.* 56: 57-62.
- Sharma, M.O and, A. Adholeya. 2000. Enhanced growth and productivity following inoculatin with indigenous AM fungi in four varieties of onion in an alfisol. *Biol. Agric. Hortic.* 18:1-14.
- Sharma, M.O. and A. Adholeya. 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on the post vitro growth and yield of micropropagated strawberry grown in a sandy loam soil. *Canadian Journal Of Botany.* 82: 322-328.

- Shaw, D. V. 1990. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberry. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 115(5): 839-843.
- Shehata, S., A. Gharib, A. A. Mohamed, M. El-Mogy, K. f. Abdel Gawad and E. A. Shalaby. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(11): 2304- 2308
- Shiow, Y. W. and L. Shin-Shan. 2002. Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *Journal of Plant Nutrition*. 25(10): 2243-2259.
- Shou-Ming, S., L. Gou-Jie, L. Shao-Hua and M. Peng-Fei. 2007. Effects of IAA, GA3 and 6-BA applied in autumn on plant quality of strawberry. *J. Fruit. Sci.* 24: 545-548.
- SIAP-Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera, %Producción Nacional de Fresa 2012+ Último Acceso: febrero de 2014, <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Singh, R., R. K. Gupta, R. T. Patil, R. R. Sharma, R. Asrey, A. Kumar and K. K. Jangra. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 124: 34-39.
- Singh, R., R. R. Sharma, S. Kumar, R. K. Gupta and R.T. Patil. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*. 99: 8507-8511.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, 2nd edn. Academic, London.
- Smith, S. E. and F. A. Smith. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annu nRev Plant Biol*. 62: 227-250.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Second Edition. Academic Press. Hortcourt Brace & Co. Publishers. London, UK.

- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.
- S nstebly, A., A. Nes and F. Måge. 2004. Effects of bark mulch and NPK fertilizer on yield, leaf nutrien status and soil mineral nitrogen during three years of strawberry production. Acta. Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant. 54: 128-134.
- St. Martin, C. C. G. and R. A. I. Brathwaite. 2012. Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production. Biological Agriculture and Horticulture. An International Journal for Sustainable Production Systems. 28: 1-33.
- Stanisavljevic, M., J. Gavrilovic-Damjanovic, O. Mitrovic and V. Mitrovic. 1997. Dynamics and contents of minerals in some strawberry organs and tissues. Acta Hort.439: 705-708.
- Stapleton, J. J. and C. M. Heald. 1987. Management of phytoparasitic nematodes by soil solarization. In Solarization, ed. J Katan, JE DeVay, Pp. 51-60. Boca Raton: CRC Press.
- Stapleton, J. J. and C. M. Heald. 1987. Management of phytoparasitic nematodes by soil solarization. *In* Solarization, ed. J Katan, JE DeVay, Pp. 51-60. Boca Raton: CRC Press.
- Stapleton, J. J. 2000. Soil solarization in various agricultural production systems. Crop Protection. 19: 837-841.
- Steinberg, S. L., J. C. Miller and M. J. McFarland. 1990. Dry matter partitioning and vegetative growth of young peach trees under wáter stress. Aust. J. Plant Physiol. 17: 23-36.
- Stern, R. A., M. Flaishman, S. Applebaum, R. Ben-Arie. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit development of Bingqcherry (*Prunus avium* L.). Sci Hortic. 114: 275-280.
- Steven, A. F., J. M. Duniway, G. T. Browne, F. N. Martin, H. A. Ajwa, B. B. Westerdahl, R. E. Goodhue, M. Haar and C. Winterbottom. 2008. Methyl bromide alternatives evaluated for California strawberry nurseries. California Agriculture. 62 (2): 62-67.

- Streif, J., D. Kitemann, D. A. Neuwald, R. McCormick and H. Xuan. 2010. Pre- and post-harvest management of fruit quality, ripening and senescence. *Acta Hort.* 877: 55-68.
- Strum, K., D. Koron, and F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chem.* 83: 417-422.
- Sun, P., N. H. Mantri, Y. Lou, D. Hu, Y. Sun, T. Dong and H. Lu. 2012. Effects of elevated CO₂ and temperature on yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) at two levels of nitrogen application. *PLoS ONE* 7(7).
- Sung, F. J. M. and J. J. Chen. 1991. Gas exchange rate and yield response of strawberry to carbon dioxide enrichment. *Scientia Hort.* 48: 241-251.
- Tabatabaei, S. J., L. S. Fatemib and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration and photosynthesis rate in strawberry. *J. Plant Nutrit.* 29(7): 1273-1285.
- Tagliavini, M., E. Baldi, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi and W. Faedi. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *Europ. J. Agronomy.* 23: 15-25.
- Tahmatsidou, V., J. O. Sullivan and A. C. Cassells. 2006. Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of *Verticillium* wilt of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva). *Applied Soil Ecology.* 32:316-324.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology.* Fifth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA.
- Tehranifar, A., M. Pootchi, H. Arooei and H. Nematti. 2007. Effects of seven substrates on qualitative and quantitative characteristics of three strawberry cultivars under soilless culture. *Acta Horticulturae.* 761: 485-488.
- Terry, L. A., G. A. Chope and J. B. Giné. 2007. Effect of water deficit irrigation and inoculation with *Botrytis cinerea* on strawberry (*Fragaria ananassa*) fruit quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 55(26): 10812-10819.

- Tobar, R., R. Azcón and J. M. Barea. 1994. Improved nitrogen uptake and transport from N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhiza under water-stressed conditions. *New Phytol.* 126: 119-122.
- Trend, J. D. 1986. Effects of fumigation on growth, photosynthesis, water relations and mycorrhizal development of winter wheat in the field. *Can. J. Plant Sci.* 69: 535-540.
- Tsay, Y. F., C. H. Ho, H. Y. Chen and S. H. Lin. 2011. Integration of nitrogen and potassium signaling. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 62: 207-226.
- Ulrich, A., M. A. E. Mostafa and W. W. Allen. 1980. Strawberry deficiency symptoms: a visual and plant analysis guide to fertilization. *Agric. Univ. California. Bull.* 30-31.
- Valero, C., C. H. Crisosto and D. Slaughter. 2007. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology.* 44: 248-253.
- Verdier-Martín, M. 1987. Cultivo del Fresón en climas templados. Edic. Agrarias, S.A. España. 374 p.
- Verheul, M. J., A. Sonsteby and S. O. Grimstad. 2006. Interactions of photoperiod, temperature, duration of short-day treatment and plant age on flowering on *Fragaria x ananassa* Duch. cv. Korona. *Scientia Hort.* 107:164-170
- Victor, K. J., A. Y. Fennel and J. G. Jérôme. 2010. Proteomic analysis of shoot tissue during photoperiod induced growth cessation in *V. riparia* Michx. *Grapevines. Proteome Science.* 8: 44.
- Wang, S. W and P. Millner. 2009. Effect of different cultural systems on antioxidant capacity, phenolic content, and fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) *J Agric Food Chem.* 57(20): 9651-9657
- Wang, S. Y. and M. J. Camp. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae.* 85: 183-199.
- Wang, S. Y., G. J. Galletta, M. J. Camp and M. J. Kasperbauer. 1998. Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. *HortScience.* 33: 636-640.

- Wang, L., X. Yang, Z. Ren and X. Wang. 2014. Regulation of Photoassimilate Distribution between Source and Sink Organs of Crops through Light Environment Control in Greenhouses. *Agricultural Sciences*. 5: 250-256
- Wang, S. Y. and Lin, S. S. 2002. Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 2243-2259.
- Wang, Y. and W. H. Hu. 2013. Potassium Transport and Signaling in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64: 451-476.
- Warman, P. R., C. Murphy, J. Burnham and L. Eaton. 2004. Soil and plant response to MSW compost applications on lowbush blueberry fields in 2000 and 2001. *Small Fruit Rev.* 3: 19-31.
- Warman, P. R. 2009. Soil and plant responses to applications of municipal solid waste compost and fertilizer to Willamette raspberries. *International Journal of Fruit Science*. 9: 35-45.
- Whipps, J. M., 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Can. J. Bot.* 82: 1198-1227.
- Wiseman, P. E. and Ch. Wells. 2005. Soil inoculum potential and arbuscular mycorrhizal colonization of *Acer rubrum* in forested and developed landscapes. *Journal of Arboriculture*. 31(6): 296-302
- Wójcik, P. and M. Lewandowski. 2003. Effect of Calcium and Boron Sprays on Yield and Quality of Elisanta+Strawberry. *Journal of Plant Nutrition*. 26(3): 671-682.
- Wu, C. C., S. T. Hsu, M. Y. Chang and W. Fang. 2009. Effect of Light Environment on Runner Plant Propagation of Strawberry. *Acta Hort.* 907: 297-302.
- Xu, G., X. Fan and A. J. Miller. 2012. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:153-182
- Yates, S. R., D. J. Ashworth, M. D. Yates and L. Luo. 2011. Active Solarization as a Nonchemical Alternative to Soil Fumigation for Controlling Pests. *Soil Physics*. 75(1):9-16.

- Yavari, S., S. Eshghi, E. Tafazoli and N. Karimian. 2009. Mineral Elements Uptake and Growth of Strawberry as Influenced by Organic Substrates. *Journal of Plant Nutrition*. 32 (9):1498-1512.
- Yin, B., Y. Wang, P. Liu, J. Hu and W. Zhen. 2010. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the protective system in strawberry leaves under drought stress. *Front. Agric. China*. 4(2): 165-169
- Zaiter, H. Z., I. Saad and M. Nimah. 1993. Yield of iron-sprayed strawberry cultivars grown on high pH calcareous soil, *J. Plant Nutr.* 16: 281-296.
- Zamski, E. and A. A. Schaffer. 1996. Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships. Marcel Dekker. New York. 851-881 pp.
- Zasada, I. A., H. Ferris, C. L. Elmore, J. A. Roncoroni, J. D. MacDonald. 2003. Field application of brassicaceous amendments for control of soilborne pests and pathogens. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2003-1120-01-RS.
- Zasada, I. A., J. M. Halbrendt, N. Kokalis-Burelle, J. LaMondia, M. V. McKenry and J.W. Noling. 2010. Managing nematodes without Methyl Bromide. *Annual Review Phytopathol.* 48: 311-328.
- Zhang, B. and D. D. Archbold. 1993. Solute accumulation in leaves of a *Fragaria chiloensis* and a *F. virginiana* selection responds to water deficit stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118: 280-285.
- Zhang, Y., T. Fan, W. Jia, W. Zhang, Q. Liu, B. Li and L. Zhang. 2012. Identification and characterization of a *Bacillus subtilis* strain TS06 as bio-control agent of strawberry replant disease (*Fusarium* and *Verticillium* wilts). *African Journal of Biotechnology*.11(3): 570-580.
- Zhao, Q., Q. Shen, W. Ran, T. Xiao, D. Xu and Y. Xu. 2011. Inoculation of soil by *Bacillus subtilis* Y-IV1 improves plant growth and colonization of the rhizosphere and interior tissues of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Biol. Fertil. Soils*. 47:507-514.
- Zhu, X. G., S. P. Long and D. R. Ort. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass. *Curr. Opin. Biotechnol.* 19: 153-59.

- Zhu, X. G., S. P. Long and D. R. Ort. 2010. Improving photosynthetic efficiency for greater Yield. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61: 235-61.
- Zhu, X. C., F. B. Song, S. Q. Liu, T. D. Liu and Z. Zhou. 2012. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. *Plant. Soil. Environ.* 58(4): 186-191
- Zhu, X. G., S. P. Long and D. R. Ort. 2010. Improving Photosynthetic Efficiency for Greater Yield. *Annu. Rev. Plant Biol.* 61: 235-261.