UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO EN HORTICULTURA

INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS Y RIZOBACTERIAS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus ideaus* L.) cv. AUTUMN BLISS

TESIS

Que como requisito parcial

para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

LIDIA RAMOS ROSETE

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
MÉXICO
DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: DR. EDILBERTO AVITIA GARCIA.

Chapingo, Estado de México, mayo de 2018.

INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS Y RIZOBACTERIAS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus ideaus* L.) cv. AUTUMN BLISS

Tesis realizada por **LIDIA RAMOS ROSETE** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: _____

Dr. Edilberto Avitia García

ASESOR: _____

Dr. Ana María Castillo González

ASESOR: _____

Dr. Martín Rubí Arriaga

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN GENERAL 14

2 REVISIÓN DE LITERATURA 14

2.1 Panorama general de la frambuesa roja 15

2.2 Frambuesa roja 'Autumn Bliss' 15

2.2.1 Fenología 15

2.2.2 Nutrición 16

2.3 Microorganismos benéficos 16

2.3.1 Glomus 17

2.3.2 Bacillus subtilis 19

2.3.3 Azospirillum 20

3 LITERATURA CITADA 21

4 ETAPA I 25

4.1 RESUMEN 25

4.2 ABSTRACT 26

4.3 INTRODUCCIÓN 26

4.4 MATERIALES Y METODOS 28

4.4.1 Ubicación del experimento 28

4.4.2 Sustrato 28

4.4.3 Material vegetal, micorrízico y bacteriano 28

4.4.4 Aplicación de tratamientos 30

4.4.5 Variables evaluadas 31

Número de brotes. 31

Numero de nudos. 32

Altura de planta. 32

Diámetro de tallo 32

Azucares solubles totales en hoja. 32
Análisis nutrimental 32
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33
4.5.1 Número de brotes 33
4.5.2 Numero de nudos 33
4.5.3 Altura de planta 33
4.5.4 Diámetro del tallo 33
4.5.5 Azucares solubles totales en hoja 33
4.5.6 Análisis nutrimental 34
Nitrógeno 34
Fósforo 35
Potasio 35
Calcio 35
Magnesio 35
Hierro 36
Zinc 37
Manganeso 37
Boro 37
Cobre 37
4.6 CONCLUSIONES 38
4.7 LITERATURA CITADA 39
5 ETAPA II 40
5.1 RESUMEN 40
Palabras clave: 41
5.2 ABSTRACT 41
5.3 INTRODUCCIÓN 41
5.4 MATERIALES Y MÉTODOS 42
5.4.1 Ubicación del experimento 42
5.4.2 Sustrato 43
5.4.3 Material vegetal, micorrízico y bacteriano 43
5.4.4 Aplicación de tratamientos 45
5.4.5 Variables evaluadas 46

Número de brotes. 46
Número de nudos por brote. 46
Altura de brotes nuevos. 46
Diámetro del tallo. 46
Peso fresco de la parte aérea. 46
Peso seco de la parte aérea. 46
Azucares solubles totales en hoja. 46
Análisis nutrimental en hoja. 47
Longitud de raíz. 47
Volumen de raíz. 47
Azucares solubles totales en raíz. 47
Peso fresco de raíz. 47
Peso seco de raíz. 48
Porcentaje de Micorrización. 48
5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48
5.5.1 Número de brotes 48
5.5.2 Número de nudos por brote 49
5.5.3 Altura de brotes nuevos 49
5.5.4 Diámetro del tallo 49
5.5.5 Peso fresco de la parte aérea 49
5.5.6 Peso seco de la parte aérea 49
5.5.7 Azucares solubles totales en hoja 50
5.5.8 Longitud de raíz 50
5.5.9 Volumen de raíz 50
5.5.10 Peso freso de raíz 51
5.5.11 Peso seco de raíz 51
5.5.12 Azucares solubles totales en raíz 51
5.5.13 Porcentaje de micorrización en raíz 52
5.5.14 Análisis nutrimental 53
Nitrógeno 53
Fósforo 54
Potasio 54

Calcio 54
Magnesio 54
Hierro 55
Zinc 56
Manganeso 56
Boro 56
Cobre 56
5.6 CONCLUSIONES 58
5.7 LITERATURA CITADA 58

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo de Toluca, Edo. de Méx. 29
Cuadro 2. Contenido nutrimental del suelo de Toluca, Edo. de Méx. 29
Cuadro 3. Características físicas y químicas del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martín” en Chapingo, Edo. de Méx. 29
Cuadro 4. Contenido nutrimental del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martin” en Chapingo, Edo. de Méx. 30
Cuadro 5. Microorganismos empleados en la inoculación de la frambuesa roja cv. Autumn Bliss, bajo invernadero en Chapingo, Edo. de México. 31
Cuadro 6. Comparación de medias para las variables de la parte aérea de plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss', creciendo bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. 34
Cuadro 7. Concentración de macronutrimentos en hojas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’, bajo invernadero, durante su primer periodo de producción. 36
Cuadro 8. Concentración de micronutrimentos en hojas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’, creciendo en invernadero, durante su primer periodo de producción. 37
Cuadro 9. Concentración normal de los nutrimentos en frambuesa roja cv. Autumn Bliss. Según Crandall (1995). 38
Cuadro 10. Características físicas y químicas del suelo de Toluca, Edo. de Méx. 43
Cuadro 11. Contenido nutrimental del suelo de Toluca, Edo. de Méx. 44
Cuadro 12. Características físicas y químicas del suelo de Chapingo, Edo. de Méx. 44
Cuadro 13. Contenido nutrimental del suelo de Campo Agrícola Experimental “San Martin”, Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. 44
Cuadro 14. Productos microbianos empleados en la inoculación de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, cultivada bajo invernadero, en Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 45
Cuadro 15. Comparación de medias entre tratamientos, de variables de la parte aérea de las plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’, biofertilizadas bajo invernadero en el segundo periodo de producción en Chapingo, Edo. de Méx. 50

Cuadro 16. Comparación de medias de las variables de la raíz de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, biofertilizada bajo invernadero en Chapingo, Edo. de Méx. 51
Cuadro 17. Porcentajes de inoculación de micorrizas en frambuesa roja cv. Autumn Bliss, cultivada bajo invernadero en Chapingo, Edo. de Méx. 52
Cuadro 18. Concentración de macronutrimentos en frambuesa roja 'Autumn Bliss', biofertilizada bajo invernadero, durante el segundo periodo de producción, en Chapingo, Texcoco, México. 55
Cuadro 19. Concentración de micronutrimentos en frambuesa roja 'Autumn Bliss', biofertilizada bajo invernadero, durante el segundo periodo de producción en Chapingo, Edo. de México. 57
Cuadro 20. Concentración normal de los nutrimentos en frambuesa roja cv. Autumn Bliss, según Crandall (1995). 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Micorrización en raíces de frambuesa roja cv. Autumn Bliss cultivada bajo invernadero en Chapingo, Texcoco, Méx. 53

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de formarme académicamente.

Al Dr. Martín Rubí Arriaga por aportar para esta investigación las plantas de frambuesa roja *Rubus ideaus* cv. Autumn Bliss, y los productos bacterianos a base de *Azospirillum* y *Bacillus subtilis.*

Al Dr. Edilberto Avitia García por dirigir esta investigación.

A la Dra. Ana María Castillo González por la asesoría brindada durante esta investigación.

Nuevamente al Dr. Martín Rubí Arriaga por el asesoramiento brindado a esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

DATOS BIOGRAFICOS

El autor de la presente tesis, Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos Lidia Ramos Rosete, nació el 22 de mayo de 1992 en el Municipio de Tochimilco, estado de Puebla, con CURP: RARL920522MPLMSD09. En el 2007 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo a cursar preparatoria; de 2010 a 2014 a cursar la especialidad de Ingeniero Agrónomo especialista en suelos, Con cedula profesional: 9695050. Prestó servicio social en el Colegio de Posgraduados generando un programa de cómputo para la recomendación de fertilización de los principales cultivos en el DTT035 Los Naranjos, Veracruz. Realizó su estancia preprofesional en la empresa Driscoll's con el manejo de fresa (*Fragaria vesca*), zarzamora (*Rubus fructicosus*) y frambuesa (*Rubus ideaus*) en fertirriego con aguas duras en Jocotepec, Jalisco.

RESÚMEN GENERAL

INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS Y RIZOBACTERIAS EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus ideaus* L.) cv. AUTUMN BLISS[1]

Debido al consumo de alimentos orgánicos para acercarnos a la agricultura sostenible y la actual demanda de frutillas el objetivo fue evaluar el efecto de la biofertilización en el desarrollo, contenido nutrimental e inoculación en frambuesa roja (*Rubus ideaus* L.), 'Autumn Bliss' cultivada bajo invernadero. El experimento se desarrolló de abril de 2016 a diciembre de 2017. Los tratamientos fueron: *Bacillus subtilis* E. (2 ml en 100 ml de agua); *Azospirillum* spp. (5 ml en 100 ml de agua); *Glomus fasciculatum* G. (5 g·planta^{-1}) y *Glomus intraradices* S. (10 g·planta^{-1}), con una aplicación a 5 cm de profundidad, al trasplante y a 10 cm al iniciar la brotación (48 días después). Se usó un diseño experimental completamente al azar, análisis de varianza y prueba de medias Tukey con el programa SAS System 9.0. En el primer periodo de producción, *Glomus Fasciculatum* incrementó la absorción de nitrógeno a 2.2 % y *Glomus intraradices* a 2.30 %; *Azospirillum* incrementó la absorción de hierro a 152.9 mg·kg^{-1}. En el segundo periodo de producción, *Glomus fasciculatum* incrementó la absorción de calcio a 1.11 %, magnesio 0.64 %, manganeso 41.01 % y boro a 72.64 %, incrementó el diámetro del tallo a 0.82 cm y el porcentaje de micorrización fue de 95.20 % y 92.80 % de 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad, respectivamente; *Glomus intraradices* incrementó el número de nudos a 22.56; *Azospirillum* incrementó la absorción de hierro a 156.75 mg·kg^{-1}, manganeso a 40.33 mg·kg^{-1} y el diámetro del tallo a 0.83 cm; *Bacillus subtilis* incrementó el volumen radical a 244 ml. En conclusión, los biofertilizantes interactuaron con la raíz y generaron un mejor desarrollo radical, lo que incrementó la absorción nutrimental y por lo tanto el desarrollo aéreo de la planta, se sugiere también la posible producción de hormonas promotoras del crecimiento.

Palabras clave: ***Rubus ideaus*, *Glomus intraradices*, *Glomus fasciculatum*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* spp.**

[1] Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lidia Ramos Rosete

Director de Tesis: Edilberto Avitia García

ABSTRACT

INOCULATION WITH MYCORRHIZAL FUNGI AND RIZOBACTERIA IN RED RASPBERRY (*Rubus ideaus* L.) cv. AUTUMN BLISS

Due to the consumption of organic food to approach sustainable agriculture and the current demand of berries, the object was evaluated the effect of biofertilization on the development, nutritional content and inoculation in red raspberry (*Rubus ideaus* L.), 'Autumn Bliss' grown under greenhouse. The experiment was carried out from April 2016 to December 2017. The treatments were: *Bacillus subtilis* E. (2 ml in 100 ml water); *Azospirillum* spp. (5 ml in 100 ml water); *Glomus fasciculatum* G. (5 g·plant^{-1}) and *Glomus intraradices* S. (10 g·plant^{-1}). Two biofertilizations were made, one at a depth of 5 cm when transplanting and the second one at a depth of 10 cm 48 days later, at the start of the new sprouting. The plants were establish in a completely randomized experimental design; a variance analysis and Tukey test were used with the SAS System 9.0 program to analyze the results. In the first production period, *Glomus fasciculatum* increased nitrogen absorption to 2.2 % and *Glomus intraradices* to 2.3 %; *Azospirillum* increased iron absorption to 152.9 mg·kg^{-1}. In the second production period, *Glomus fasciculatum* increased the absorption of calcium to 1.11 %, magnesium 0.64 %, manganese 41.01 % and boron to 72.64 %, the diameter of the stems increased to 0.82 cm and the percentage of mycorrhization was 95.2 % and 92.8 % at a depth of 0-10 and 10-20 cm, respectively. *Glomus intraradices* increased the number of nodes to 22.56; *Azospirillum* increased iron absorption to 156.75 mg·kg^{-1}, manganese to 40.33 mg·kg^{-1} and stem diameter increased to 0.83 cm; *Bacillus subtilis* increased the root volume to 244 ml. In conclusion, the biofertilizers interacted with the root and generated better root development, which increased the nutrient absorption and therefore the aerial development of the plant. It is also suggested that growth-promoting hormones may have been produced.

Keywords: ***Rubus ideaus*, *Glomus intraradices*, *Glomus fasciculatum*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* spp.**

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

México compite en el mercado de frambuesa con Canadá, Chile, Costa Rica, Brasil y Guatemala, siendo Jalisco, Baja California y Michoacán los principales productores de frambuesa roja en México con 38.19 t, 9.94 t y 6.18 t, respectivamente, según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2014). De acuerdo con Guzmán *et al*. (2004) los precios más altos y por lo tanto la fecha más conveniente para comercializar en Estados Unidos es durante los meses de enero a mayo, y de octubre a diciembre, por lo cual junio, julio, agosto y septiembre son los más bajos.

La reducción de apoyos a la agronomía, así como la demanda social del cuidado del ambiente y la búsqueda de hacer de la agricultura sostenible. Han optado por productos de origen natural, económicos y redituables para la agricultura. Tal es el caso de los biofertilizantes, elaborados a base de microorganismos benéficos que debido a la asociación que forman con las raíces de la planta incrementan la disponibilidad y/o absorción de nutrimentos por lo cual mejoran el crecimiento de la planta, ya sea por la absorción nutrimental o por la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Hause y Schaarschmid, 2009).

De esta manera las micorrizas y las bacterias podrían ser útiles para reducir la utilización de agroquímicos, tales como los fertilizantes y los reguladores del crecimiento. Por este motivo, los objetivos en esta investigación fueron evaluar el desarrollo de las plantas de frambuesa roja ‘Autumn Bliss’ en respuesta a la biofertilización con *Glomus fasciculatum* G., *Glomus intraradices* S., *Bacillus subtilis* E. y *Azospirillum* spp., así como evaluar el contenido nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B y Cu.

y el grado de inoculación de *Glomus fasciculatum* G. y *Glomus intraradices* S. en el sistema radical de la planta.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Panorama general de la frambuesa roja

La frambuesa ha sido cultivada en algunos países de Europa y Norteamérica, en América Central y del Sur, Australia y Nueva Zelanda. En México se introdujeron los primeros cultivares mejorados en la Universidad Autónoma Chapingo (Rodríguez y Avitia, 1984). Actualmente se cultiva en Jalisco, Baja California, Michoacán y otros estados (SIACON, 2014).

Los cultivares de frambuesa roja se clasifican por su hábito de crecimiento en productoras de otoño, las cuales producen durante el año de plantación en la parte terminal del brote, mismas que al podarse en invierno emitirán ramas laterales, las cuales formarán inflorescencias en la primavera-verano del año siguiente; después de esto los brotes mueren y se elimina la parte aérea de la planta en el invierno (Rodríguez y Avitia, 1984) y en productoras de verano que son las que producen hasta el año siguiente después de la plantación (Argüello,1983).

2.2 Frambuesa roja 'Autumn Bliss'

2.2.1 Fenología

Según Parra *et al*. (2008) en un estudio de fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' realizado en Chihuahua con un clima templado, los brotes inician su desarrollo a los 30 días después de establecidas las plantaciones, alcanzando una altura de 130 cm a finales de noviembre. El número promedio de brotes de frambuesa es de 6.7, el número de nudos es directamente proporcional a la altura de los brotes, los nudos con inflorescencia representan el 42.2 % del total de nudos. La floración se presenta en los meses de julio, agosto y septiembre, con un periodo de floración a cosecha de 33 a 36 días.

Crandall (1995) reporta un rendimiento de 778 $g \cdot planta^{-1}$ o 10.37 $t \cdot ha^{-1}$ con un número de 25 a 35 infrutescencias por planta. Menciona que la calidad de la frambuesa fue adecuada con una pérdida de peso de 2 % a temperaturas de 2 y 1°C en refrigeración.

2.2.2 Nutrición

La extracción de macronutrimentos en la frambuesa roja es paralela a la curva de acumulación de materia seca vegetal, así mismo el K y el Ca son los nutrimentos más absorbidos, seguidos por el P, N y Mg. Con la mayor absorción en la etapa de brotación vegetativa, floración, desarrollo de frutos y cosecha (Pineda-Pineda *et al*., 2008).

La hoja de frambuesa es el órgano con la concentración más alta de N, P y K, sin embargo, la raíz es la que tiene el mayor porcentaje del total absorbido por la planta y una mayor fluctuación estacional de N, lo que indica que se puede considerar a la raíz como el principal órgano de reserva de nitrógeno en frambuesa. En total el tallo, la corona, la raíz y las hojas extraen 127, 30 y 50 $kg \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ de N, P y K, respectivamente (Galindo *et al*., 2011)

Este cultivo se puede considerar de baja demanda nutrimental, ya que con una densidad de población de 55,000 $cañas \cdot ha^{-1}$, las extracciones nutrimentales se estimaron en: 6.07 kg de N; 12.28 de P_2O_5; 33.42 de K_2O; 19.98 de CaO, y 9.1 de MgO, en un ciclo de cuatro meses (Pineda-Pineda *et al.*, 2008). Sin embargo, Alvarado *et al*. (2016) recomiendan una densidad de plantación de 40,000 cañas por ha para plantaciones multianuales en el Valle de México.

2.3 Microorganismos benéficos

Existen dos enfoques principales de la agricultura orgánica, la agricultura orgánica o biológica y la agroecología (Guzmán *et al*., 2000). Sin embargo, sin importar los enfoques que esta tenga, el consumo de productos orgánicos esta en incremento, sobre todo en Estados Unidos y la Unión Europea. Dentro de los productos usados en la agricultura orgánica se encuentran los biofertilizantes, los cuales son preparados de microorganismos benéficos.

Se usan microorganismos como los que se encargan de la Fijación Biológica de Nitrógeno Atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno atmosférico (N_2) a amonio (NH_4), Estos se clasifican en dos grupos; microorganismos (bacterias hongos y algas) de vida libre y microorganismos

simbióticos . Dentro de las bacterias de vida libre más estudiadas se encuentran los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, en cultivos como caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros (Döbereiner *et al*., 1995).

También se incluyen microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas dentro de los biofertilizantes, entre los más importantes están los hongos micorrízicos arbusculares que presentan asociación simbiótica con las plantas, donde la planta es la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, y la planta se beneficia al incrementar la absorción de nutrimentos del suelo principalmente de fósforo (Alloush *et al.,* 2000). La principal función de los hongos micorrizicos es extender la exploración de las raíces en el suelo, lo cual hace más eficiente el proceso de absorción, importante en ambientes desfavorables. Además de las micorrizas también se pueden incluir algunas bacterias como *Bacillus subtilis*, *Bacillus circulans* y *Bacillus polymyxa*, las cuales permiten que el fósforo se solubilice e incremente su disponibilidad en la rizósfera (Bashan *et al*., 1996b).

Los microorganismos productores de sideróforos son también un importante componente dentro de los biofertilizantes, ya que son compuestos de bajo peso molecular con alta afinidad por hierro (Fe^{+++}), manganeso y molibdeno (Cornish y Page, 2000). Su mecanismo consiste en una asociación con el Fe^{+++} en la solución del suelo, de esta forma son absorbidos y procesados en la planta, siendo un mecanismo eficiente para obtener nutrimentos. Su producción ha sido asociada con diversas bacterias libres, especialmente del grupo de las *Pseudomonas* (Zdor y Anderson, 1992).

2.3.1 Glomus

Como se ha mencionado las micorrizas arbusculares juegan un papel importante en la absorción de nutrimentos por las plantas, especialmente los de baja movilidad en el suelo como P, Zn y Cu (Ortas, 2003).

Dentro de las endomicorrizas se encuentra el género *Glomus*, en el cual todos los propágulos son altamente infectivos; por lo tanto el cultivo de ellos se puede comenzar a partir de cualquiera de las partes deseadas, los inóculos aún sin esporas mantienen un elevado potencial infectivo. Generalmente las especies de este género han sido reportadas como eficientes en los diferentes tipos de suelos estudiados (Fernández, 2003).

La respuesta de la planta a la colonización con respecto a la absorción de nutrimentos y al crecimiento de la misma ha sido mostrada en diferentes cultivos. Así, en el cultivo de pimiento se produjeron plantas más desarrolladas, con mayor número de hojas, tallos y producción (Brown *et al*., 2000), en lechuga se ha constatado mejor resistencia al estrés hídrico de las plantas micorrizadas frente a las no micorrizadas (Ruíz *et al*., 2000) y en tomate se consiguió un aumento del crecimiento vegetal y de la absorción de agua en condiciones de estrés hídrico (Dell'Amico *et al*., 2002)

Según González-Chávez *et al*. (2004), los procesos por los cuales los hongos micorrízicos arbusculares participan en la agregación del suelo pueden ser:

1. Enlazamiento físico por desarrollo extensivo de las hifas externas en el suelo para crear un esqueleto estructural que participa en la adherencia de partículas del suelo.

2. Enlazamiento químico, debido al mucigel (glomalina) que las hifas producen y excretan en las raíces colonizadas y en el suelo.

3. Creación de condiciones adecuadas para el desarrollo de raíces e hifas externas.

4. Envolvimiento de microagregados y la creación de la estructura del macroagregado.

5. Protección contra los procesos de excesivo secado y humedecimiento de los agregados de los diferentes niveles jerárquicos, debido al carácter hidrofóbico de la glomalina.

6. Creación de condiciones adecuadas para el desarrollo de otros microorganismos de la rizósfera que están involucrados en la formación y estabilidad de agregados.

Pérez-Moncada *et al*. (2012) encontraron que las plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*) cultivadas *in vitro* en un sistema autotrófico inoculadas con fragmentos de raíces con vesículas o con esporas individuales de *Glomus* sp. presentaron una mayor producción de biomasa aérea y radical.

2.3.2 Bacillus subtilis

Algunas especies de *Bacillus*, como *B. subtilis*, producen antibióticos y son consideradas rizobacterias promotoras del crecimiento, debido a que ejercen control biológico sobre algunos patógenos del suelo (Larrea, 2001).

Estas bacterias producen hormonas que parecen estar relacionadas con su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas (Lucas-García *et al*., 2004) tal es el caso del ácido indolacético (Vessey, 2003). Además de incrementar la disponibilidad de fósforo debido a la solubilización de fosfato (Chatli *et al*., 2008).

De acuerdo con Mena-Violante, *et al.* (2009), la aplicación de *Bacillus subtilis* a tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) incrementó significativamente el peso fresco (19 %), la longitud del fruto (20 %) y el rendimiento (28 %). Sin embargo no se observó ningún efecto diferente en la absorción nutrimental; cabe señalar que las plantas fueron suministradas adecuadamente en base a sus requerimientos. Además disminuyó un 25 % el decaimiento a los 10 días de almacenamiento a 25-27 °C; así mismo incrementó la firmeza un 22 %. Este autor señaló que el hecho de que las bacterias que producen mejoras en la vida de anaquel del fruto sólo estén presentes en las raíces sugiere la participación de señales que influyen de alguna manera en la ruta biosintética del etileno.

Sarti y Miyazaki (2013) en un estudio de soja (*Glycine max*) coinoculada con *Bacillus subtilis* y *Bacillus japonicum* aumentó el desarrollo de la parte radical y aérea de la planta, con un aumento en el crecimiento de la planta completa de

125 %, parte aérea 100 %, raíz 235 %, número de hojas 20 % y número de nódulos 88 %.

2.3.3 Azospirillum

La primera especie del género *Azospirillum* fue aislada por Beijerinck en 1925 a partir de suelos pobres en nitrógeno en Holanda, llamada originalmente *Spirillum lipoferum*. Posteriormente Schroder en 1932 aisló especies de este género en suelos de Indonesia (Becking, 1963). Döberenier (1976) reportó haber aislado bacterias de este género de la rizósfera y raíces de plantas forrajeras y cereales, colectadas en Sudamérica, África, y Estados Unidos. Desde entonces, han sido aisladas especies de este género de numerosas especies de pastos silvestres y cultivados, cereales y leguminosas, en climas tropicales y subtropicales.

Actualmente han sido caracterizadas cinco especies dentro del género *Azospirillum*: *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum amazonense*, *Azospirillum halopraeferans*, y *Azospirillum irakense*. La asociación entre bacterias del género *Azospirillum* y las raíces de pastos y otras plantas, ha sido estudiada extensivamente a partir del reporte de Döbereiner en 1976.

Los principales efectos de las bacterias promotoras del crecimiento sobre las gramíneas, dentro de las cuales se encuentra *Azospirillum*, se han asociado con efectos en la emergencia, en el desarrollo de la raíz y efectos en el rendimiento. En *Azospirillum* los cambios favorables en las plantas se han atribuido a cambios en la absorción de NH_4 debida a la fijación de N_2, y la absorción de PO_4, K y Fe, lo cual incrementa la acumulación de minerales en hojas y tallos. Se ha sugerido que el incremento en la absorción de minerales se debe a un incremento general en el volumen de las raíces y no a un mecanismo más eficaz de absorción de iones (Bashan *et al*., 1996a). Según Castellanos *et al*., (1997) Azospirillum se adhiere a la raíz y prolifera, invade la parte interna de la raíz, causa alteraciones en el ordenamiento de las células corticales de la raíz (Levanony *et al*., 1989), e incrementa la disponibilidad de

nutrimentos para las raíces inoculadas debido a una mayor superficie de contacto; por lo tanto, incrementa la acumulación de materia seca en partes de la raíz (Bashan *et al*., 1996b).

Sin embargo también Bashan y Holguin (1997) indicó que el incremento observado sucesivamente en crecimiento y desarrollo de plantas inoculadas es inducido por sustancias producidas por la bacteria. Esto ha sido observado en cultivos puros de *Azospirillum brasilense* que producen grandes cantidades de auxinas, un poco de giberelinas y citocininas (Rueda-Puente *et al*., 2009).

De acuerdo con Díaz *et al.* (2001) la lechuga incrementó el porcentaje de germinación de semillas con bacterias; *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas aeruginosa* mostraron efectos promotores del crecimiento, tanto en la germinación, como en el desarrollo vegetativo del cultivo de lechuga. Además presentaron concentraciones óptimas de nitrógeno.

En el Estado de Chihuahua, Amado y Ortíz (2003), desarrollaron estudios con el propósito de evaluar la aplicación de biofertilizantes y fertilizantes químicos como fuentes de nitrógeno y fósforo más fitohormonas sobre la producción de avena bajo condiciones de temporal en armonía con los recursos agua y suelo. Estos investigadores registraron que el mejor biofertilizante fue el *Azospirillum*, el cual influyó para obtener una producción promedio de 6,675 y 4,938 $kg \cdot ha^{-1}$, de materia seca total para Santo Tomás Municipio de Guerrero, y Campo 26, Municipio de Cuauhtémoc, respectivamente.

3 LITERATURA CITADA

Amado, A. J. P. y Ortiz, F. P. (2003). Evaluación de fitohormonas, fertilizantes químicos y biológicos, sobre la producción de avena de temporal. En Salazar, S. E., Fortiz, H. M., Vázquez, A. A., y Vázquez V. C. (Ed.) *Abonos Orgánicos y plasticultura*, (163-184). México, *Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED.*

Alvarado, R. H., Avitia-García, E., y Castillo-González, A. M. (2016). Producción de frambuesa 'Autumn Bliss' con diferentes densidades de caña en el Valle de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7*(1), 22-28.

Alloush, G.A, Zeto, S.K, Clark, N. (2000). Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. *Journal of Plant Nutrition*. *23*(9), 1351-1369.

Argüello, M. C. (1983). Adaptación de diversas especies frutales a las condiciones ecológicas de Bachíniva. *Campo Experimental Sierra de Chihuahua*, *23*(2), 36-39.

Bashan Y., Holguín, G., y Ferrera-Cerrato, R. (1996a). Interacción entre plantas y microorganismos benéficos. I. Azospirillum. *Revista Terra Latinoamericana, 14*(2), 159-170.

Bashan, Y., Holguín, G. y Ferrera-Cerrato, R. 1996b. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizósfera. *Revista Terra Latinoamericana, 14*(2), 195-210.

Bashan, Y. y Holguin, G. (1997). Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology, 43*(2), 103-121.

Becking, J. H. (1963). Fixation of molecular nitrogen by an aerobic Vibrio or Spirillum. *Antonie van Leeuwenhoek*, *29*(1), 326-326.

Brown, M. B., Lales, E. H., Escano, C. S., & Pérez, A. M. (2000). Vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi as growth enhancer for pepper (Capsicum frutescens L.). In *29th Philippine Society for Microbiologists Annual Convention, Fort Ilocandia, Ilocos Norte (Philippines),* BIOTECH-UPLB.

Castellanos, T., Ascencio, F., y Bashan, Y. (1997). Bacterial cell-surface hydrophobicity, charge, and lectins as possible means for the initial attachment of *Azospirillum* spp. To surfaces, Japón. *Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, Sapporo,

Chatli, A. S., Beri, V. y Sidhu, B. S. (2008). Isolation and characterisation of phosphate solubilising microorganisms from the cold desert habitat of Salix alba Linn. in trans Himalayan region of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Microbiology*, *48*(2), 267-273.

Cornish, A. S. y Page, W. J. (2000). Role of molybdate and other transition metals in the accumulation of protochelin by Azotobacter vinelandii. *Applied Environamental Microbiology*, *66*(4), 1580-1586.

Crandall, P. C. (1995). *Bramble production: The management and marketing of raspberries and blackberries.* New York, USA: CRC Press.

Dell'Amico, J., Torrecillas, A., Rodriguez, P., Morte, A. y Sánchez, B. M. J. (2002). Responses of tomato plants associated with the arbuscular Glomus clarum during drought and recovery. *Journal of Agricultural Sciences, 138*(4), 387-393.

Díaz, V. P., Ferrera, C. R., Almaraz, S. J. J., Alcántar, G. G. (2001). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra Latinoamericana*, *19*(4), 330-334.

Döbereiner, J. S., Urquiaga, R., Boddey, M. y Ahmad, N. (1995). Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. Fertilizer Research, *42*(1-3) 339-346.

Döbereiner, J. y Day, J.M. (1976). Associative symbioses in Tropical grasses; Characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. En Newton, W. E. y Nyman, C.J. (Ed.) *Proceeding of The First International Symposium on Nitrogen-Fixation, vol. 2*, (518-538). Washington State University: Press Pulman.

Fernández, F. (2003). Avances en la producción de inoculantes micorrízicos arbusculares. En Rivera, R. y Fernández, K. (Eds.), *El Manejo Eficiente de la Simbiosis Micorrízica, una Vía Hacia la Agricultura Sostenible. Estudio de Caso*, 97-110.

Galindo-R., M. A., González-Hernández, V. A., López-Jiménez, A., Sánchez-García, P., Soto-Hernández, R. M. y Muratalla-Lúa, A. (2011). Concentración y acumulación de N, P y K en frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) manejada a dos cosechas anuales. *Revista Terra Latinoamericana, 29*(2), 147-150.

González-Chávez, M. C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., y Wright, S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. *Revista Terra Latinoamericana*, *22(*4), 507-514.

Guzmán, S. E., García, M. R., García D. G., Mora, F. J. S. y Muratalla, L. A. (2004). Análisis de precios de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) producida en Valle de Bravo, México. *Agrociencia, 38*(5), 565-571.

Guzmán, C. G, González, de M. M. y Sevilla, G. E. (2000). *Introducción a la Agroecología Como Desarrollo Rural Sostenible*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Hause, B., Schaarschmid, S. 2009. The role of jasmonates in mutualistic symbioses between plants and soil-born microorganisms. *Phytochemistry*, *70*(13-14), 134-142.

Larrea, O. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica), 62, 96-100.

Lucas-García, J. A., Probanza, A., Ramos, B., Ruiz-Palomino, M., y Gutierrez, M. F. J. (2004). Effect of inoculation of Bacillus licheniformis on tomato and pepper. *Agronomie EDP Sciences*, *24*(4), 169-176.

Levanony, H., Bashan, Y., Romano, B. y Klein, E. (1989). Ultrastructural localization and identification of Azospirillum brasilense Cd on and within wheat root by inmuno-gold labeling. *Plant and Soil*, *117*(2)*,* 207-218.

Mena-Violante, H. G., Cruz-Hernández, A., Paredes-López, O., Gómez-Lim, M. A., Olalde-Portugal, V. (2009) Cambios relacionados con textura de frutos y mejoramiento de la vida de anaquel por la inoculación de raíces de tomate con *Bacillus subtilis*. *Agrociencia*, *43*(6), 562-566.

Ortas, I. (2003). Effect of selected mycorrhizal inoculation on phosphorus sustainability in sterile and non-sterile soils in the Harran Plain in South Anatolia. *Journal Plant Nutrition*, *26*1(1), 6-17.

Parra, Q. R. A., Ramírez-Legarreta, M. R., Jacobo -Cuellar, J. L. y Arreola-Ávila, J. G. (2008). Fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' en Guerrero, Chihuahua, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 14*(1), 91-96.

Pérez-Moncada, U. A., Ramírez-Gómez, M. M., Núñez-Zarante, V. M., Franco-Correa, M., y Roveda-Hoyos, G. (2012). Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*, Benth). *Universitas Scientiarum*, *17*(2), 143-149.

Pineda-Pineda, J., Avitia-García, E., Castillo-González, A. M., Corona-Torres, T., Valdez-Aguilar, L. A. y J, Gómez-Hernández, J. (2008). Extracción de macronutrimentos en frambueso rojo. *Terra latinoamericana, 26*(4), 335-339.

Rodríguez, A. J. y Avitia, G. E. (1984). *El Cultivo de la Frambuesa Roja*. Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

Rueda-Puente, E. O., Barrón-Hoyos J. M. y Jojanes H. (2009). Bacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal (112). México, D.F: Editorial Plaza y Valdés.

Ruiz, L. J. M., Gómez, M., Núñez, R. y Azcón, R. (2000). Mycorrhizal colonization and drough stress affect $\Delta^{13}C$ in $13CO_2^-$ labeled lettuce plants. *Physiologia Plantarum, 109*(3), 268-273.

Sarti, C. G., Miyazaki, S. S. (2013). Actividad antifúngica de extractos crudos de *Bacillus subtilis* contra fitopatógenos de soja (*Glycine max*) y efecto de su coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. *Agrociencia*, *47*(4), 377-383.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON): 1980-2000.

SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta), 2014.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and* Soil, *255*(2), 571-586.

Zdor, R. E. y Anderson, A.J. (1992). Influence of root colonising bacteria on the defence responses of bean. *Plant and Soil, 140*(1), 99-107.

4 ETAPA I

INOCULACIÓN DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus ideaus*) cv. AUTUMN BLISS CON HONGOS MICORRÍZICOS (*Glomus fasciculatum* G.**,** *Glomus intraradices* S.), Y RIZOBACTERIAS (*Bacillus subtilis* E. y *Azospirillum* spp.)

STAGE I

INOCULATION OF THE RED RASPBERRY (*Rubus ideaus*) cv. AUTUMN BLISS WITH MYCORRHIZAL FUNGI (*Glomus fasciculatum* G., *Glomus intraradices* S.), AND RIZOBACTERIAS (*Bacillus subtilis* E. and *Azospirillum* spp.)

4.1 RESUMEN

La frambuesa es un cultivo con importantes propiedades organolépticas, lo cual lo hace un cultivo económicamente sobresaliente. Se ha comprobado que los microorganismos benéficos forman asociaciones con las raíces facilitando la disponibilidad de determinados nutrimentos y la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal que promueven el crecimiento de las plantas. Debido a lo mencionado el objetivo fue evaluar el efecto de la biofertilización en el desarrollo y contenido nutrimental en frambuesa roja (*Rubus ideaus* L.) 'Autumn Bliss' cultivada bajo invernadero. El experimento se desarrolló de abril de 2016 a agosto de 2017, en los invernaderos de cristal del Posgrado en Horticultura ubicados en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. Las plantas se establecieron en macetas con suelo desinfectado con bromuro, mezclado con tezontle en una proporción 6:4, los tratamientos fueron: *Bacillus subtilis* E. (2 ml en 100 ml de agua), *Azospirillum* spp. (5 ml en 100 ml de agua), *Glomus fasciculatum* G. (5 g·planta^{-1}) y *Glomus intraradices* S. (10 g·planta^{-1}). Con dos aplicaciones; una al momento de trasplante y otra 48 días después, a 5 cm de profundidad. Se usó un diseño experimental completamente al azar. Los datos se analizaron con un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey con el programa SAS System 9.0. Se encontró que *Glomus fasciculatum* incrementó la absorción de nitrógeno de 1.9 % a 2.2 % y *Glomus intraradices* a 2.3 %, *Azospirillum* incrementó la absorción de hierro de 83.98 mg·kg^{-1} a 152.9 mg·kg^{-1}. En conclusión la

interacción de los microorganismos con la raíz provocó diferencias de absorción nutrimental en los elementos con baja disponibilidad en el suelo.[2]

Palabras clave: ***Rubus ideaus*, *Glomus intraradices*, *Glomus fasciculatum*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* spp.**

4.2 ABSTRACT

The raspberry is a crop with important organoleptic properties, which makes it an economically outstanding crop. It has been proven that beneficial microorganisms form associations with the roots, facilitating the availability of certain nutrients and the production of plant growth promoting substances that promote the growth of plants. Due to what was mentioned, the objective was to evaluate the effect of biofertilization on the development and nutritional content of red raspberry (*Rubus ideaus* L.) 'Autumn Bliss'. The plants were cultivated under greenhouse. The experiment was developed from April 2016 to August 2017, in the glass greenhouses of the Instituto de Horticultura located in the Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. The plants were established in pots with soil disinfected with bromide, mixed with tezontle in a 6: 4 ratio. The treatments were: *Bacillus subtilis* E. (2 ml in 100 ml of water), *Azospirillum* spp. (5 ml in 100 ml of water), *Glomus fasciculatum* G. (5 g · plant-1) and *Glomus intraradices* S. (10 g · plant-1). With two applications; one at the time of transplant and another 48 days later, at 5 cm depth. A completely randomized experimental design was used. The data were analyzed with an analysis of variance and a Tukey means test with the SAS System 9.0 program. It was found that *Glomus fasciculatum* increased nitrogen uptake from 1.9 % to 2.2 % and *Glomus intraradices* to 2.3 %, *Azospirillum* increased iron absorption from 83.98 $mg \cdot kg^{-1}$ to 152.9 $mg \cdot kg^{-1}$. In conclusion, the interaction of the microorganisms with the root caused differences of nutrimental absorption in the elements with low availability in the soil.

Keywords: ***Rubus ideaus,Glomus intraradices,Glomus fasciculatum, Bacillus subtilis,Azospirillum* spp.**

4.3 INTRODUCCIÓN

[2] Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en ciencias en horticultura, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lidia Ramos Rosete

Director de Tesis: Edilberto Avitia García

Con el incremento del uso de fertilizantes, la preocupación por el cuidado del ambiente y el interés de la población en consumir alimentos saludables se ha puesto más empeño en producir alimentos como lo sugiere la agricultura orgánica, empleando microorganismos benéficos como biofertilizantes.

Estos microorganismos benéficos ya sean rizobacterias o micorrizas arbusculares forman asociaciones con las raíces facilitando la disponibilidad de determinados nutrimentos y/o la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Hause y Schaarschmid, 2009), promoviendo el crecimiento de las plantas.

Se han probado dichos microorganismos en algunos cultivos de interés como lo es la fresa, donde se emplearon plántulas de *Fragaria* x *ananassa* Duch. cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro*, se inocularon con hongos micorrízicos del género *Glomus*; entre ellos *Glomus fasciculatum* G. y reportaron mayor número e incremento en longitud de estolones, lo cual generó más plantas hijas (Alarcón *et al*., 2000). También Campos *et al*. (2004) en cultivos de frambuesa roja inoculada con micorrizas arbusculares, sin realizar fertilización al suelo, encontraron que su aplicación incrementó el número total de frutos por planta, así como los Solidos Solubles Totales en los frutos, debido al transporte de los fotosintatos.

México tiene un gran potencial debido a su relieve para producir gran variedad de cultivos y debido a que la frambuesa es un cultivo con propiedades organolépticas deseables se ha invertido en mejorar su calidad. Por este motivo el objetivo en esta investigación fue evaluar el crecimiento vegetativo y el contenido nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B y Cu de la frambuesa roja (*Rubus ideaus* L.) 'Autumn Bliss' biofertilizada con *Bacillus subtilis* E., *Azospirillum* spp., *Glomus fasciculatum* G. y *Glomus intraradices* S.

4.4 MATERIALES Y METODOS

4.4.1 Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló de abril de 2016 a enero de 2017, en los invernaderos de cristal del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Km 38.5 de la carretera México-Texcoco a una altitud de 2,250 msnm, en las coordenadas geográficas 19° 29' de latitud norte, 98° 53' longitud oeste.

4.4.2 Sustrato

Como sustrato se utilizó una mezcla de tezontle y suelo desinfectado con bromuro de metilo, en una proporción 6:4. Se realizó un análisis nutrimental del suelo en el cual venían las plantas (Cuadros 1 y 2); así como del suelo desinfectado del campo San Martín, ubicado en Chapingo (Cuadros 3 y 4). Se usaron macetas de plástico del número 9 con capacidad de 8 kg de suelo. El riego fue manual de acuerdo con los requerimientos de la planta, dando de dos a tres riegos por semana.

4.4.3 Material vegetal, micorrízico y bacteriano

Se utilizó Promobac que contiene *Bacillus subtilis* E.*;* un producto a base de *Azospirillum* spp.; TM-73BioMic que contiene *Glomus fasciculatum* G. principalmente y BIOfertilizer que contiene *Glomus intraradices* S. Se utilizaron plantas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss provenientes de Toluca, Estado de México, el trasplante a las macetas se hizo manteniendo el cepellón para evitar estrés.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo de Toluca, Edo. de Méx.

Características	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)
Ph	6. 96	Neutro
C.E. (dS·m^{-1})	1.68	Muy bajo en sales
MO (%)	9.57	Muy alto
Densidad aparente (g·cm^{-3})	0.72	Buena
Arena (%)	73.5	
Limo (%)	16.6	
Arcilla (%)	10	
Textura	Franco-arenoso	Gruesa

Cuadro 2. Contenido nutrimental del suelo de Toluca, Edo. de Méx.

Nutrimento	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)
N (%)	0.00114	Bajo
P (%)	0.00724	Muy alto
K (%)	0.1064	Alto
Ca (%)	0.6857	Muy alto
Mg (%)	0.1253	Muy alto
Fe (mg·kg^{-1})	50.65	Muy alto
Cu (mg·kg^{-1})	3.52	Muy alto
Zn (mg·kg^{-1})	10.45	Muy alto
Mn (mg·kg^{-1})	53.21	Muy alto
B (mg·kg^{-1})	4.41	Muy alto

Cuadro 3. Características físicas y químicas del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martín” en Chapingo, Edo. de Méx.

Características	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al.* (2000)
pH	7.2	Neutro
C.E. (dS·m^{-1})	3.1	Moderadamente salino
MO (%)	2.39	Muy alta
Densidad aparente (g·cm^{-3})	1.43	Buena
Arena (%)	67.5	
Limo (%)	20.6	
Arcilla (%)	12	
Textura	Franco-arenoso	Gruesa

Cuadro 4. Contenido nutrimental del suelo del Campo Agrícola Experimental “San Martin” en Chapingo, Edo. de Méx.

Nutrimento	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)
N (%)	0.00159	Bajo
P (%)	0.04063	Muy alto
K (%)	0.0938	Alto
Ca (%)	0.2003	Muy alto
Mg (%)	0.082	Alto
Fe ($mg \cdot kg^{-1}$)	12.6	Medio
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	2.31	Muy alto
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	5.79	Alto
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	19.79	Moderadamente alto
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	2.85	Alto

4.4.4 Aplicación de tratamientos

Se realizaron dos aplicaciones de los inóculos. La primera aplicación se realizó al momento del trasplante y la segunda 48 días después, se realizaron a 5 cm de profundidad alrededor del tallo y se cubrió con el mismo sustrato (Cuadro 5).

Cuadro 5. Microorganismos empleados en la inoculación de la frambuesa roja cv. Autumn Bliss, bajo invernadero en Chapingo, Edo. de México.

Tratamiento	**Dosis**	**Características**
Testigo		
Promobac (*Bacillus subtilis*)	2 ml en 100 ml de agua	$1x10^{7}$ UFC·ml^{-1} (Cepa LALBs1)
Azospirillum	5 ml en 100 ml de agua	
TM-73BioMic *(Glomus fasciculatum, G. constrictum, G. tortuosum, G. geosporum, Acaulospora scrobicurata, Gigaspora margarita*)	5 g·$planta^{-1}$	20,000 esporas viables·kg^{-1} de hongos endomicorrízicos (VA)
BIOfertilizer *(Glomus intraradices*)	10 g·$planta^{-1}$	20 propágulos de micorriza por gramo de sustrato a base de suelo esterilizado y raíces molidas de gramíneas

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, cada uno con diez repeticiones en el primer ciclo. La unidad experimental consistió en una maceta. Para el análisis de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05), para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0, (2002).

4.4.5 Variables evaluadas

Número de brotes. Se cuantificó el número de brotes emitidos hasta diciembre de 2016, 25 semanas después del trasplante.

Numero de nudos. Se cuantificó el número de nudos del tallo principal, a las 25 semanas después del trasplante.

Altura de planta. Con una cinta métrica se midió el tallo principal desde la base hasta el ápice, lo cual se hizo al terminar fructificación 230 semanas después del trasplante.

Diámetro de tallo. Se midió el diámetro del tallo a 10 cm de la base con un vernier de metal manual marca Truper ®, a las 25 semanas después del trasplante.

Azucares solubles totales en hoja. Se muestrearon 5 hojas maduras del tallo principal de dos plantas por tratamiento y de cada una de ellas se tomó el foliolo derecho. Se pesaron 2 gramos, posteriormente se picarón con una navaja y se sumergieron en 30 ml de etanol al 70 %, se hirvieron por 2 o 3 minutos y se dejaron enfriar para después refrigerar hasta tener todas las muestras. Una vez que se completaron las muestras se obtuvo la absorvancia por el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971), las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

Análisis nutrimental. Se realizó un análisis nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B y Cu. Se muestrearon 5 hojas maduras de dos plantas por tratamiento, se sumergieron en el tren de lavado que consiste en lavar una vez con agua de la llave y dos veces en agua destilada, se retiró el exceso de agua y se guardaron en bolsas de papel perforadas para secar a 65 °C por 48 horas en una estufa con aire forzado marca BINDER. Las muestras secas se molieron en un molino de acero inoxidable marca Arthur H. Thomas, con malla del número 20. La determinación de N se realizó por el método de microkjeldahl, la de los demás elementos se hizo con un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP modelo 725-ES de VARIAN® (Australia) en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Número de brotes

Según el análisis estadístico realizado no existió diferencia significativa para el número de brotes (Cuadro 6), además se observa una mínima cantidad de brotes en esta etapa, ya que en un estudio de fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' se encontró que el promedio de brotes de frambuesa fue de 6.7 (Parra *et al.*, 2008).

4.5.2 Numero de nudos

El número de nudos no fue diferente significativamente (Cuadro 6). Sin embargo las plantas presentaron de 30 a 43 nudos, lo cual coincidió con Parra *et al.* (2008) quienes concluyen que la altura es directamente proporcional al número de nudos, los cuales estuvieron entre 30 y 40.

4.5.3 Altura de planta

No existió evidencia significativa de que los tratamientos aplicados presentaran un efecto diferente en la altura de la planta (Cuadro 6).

4.5.4 Diámetro del tallo

El diámetro del tallo tampoco presentó diferencia significativa de que los tratamientos aplicados presentaran un efecto diferente (Cuadro 6).

4.5.5 Azucares solubles totales en hoja

De acuerdo con el análisis estadístico no existió diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias para las variables de la parte aérea de plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss', creciendo bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México.

Tratamiento	Número de brotes	Número de nudos	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	AzTh (mg·g.p.f.$^{-1}$)
Testigo	1.3 a	39.3 a	178.6 a	0.60 a	38.98 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	1.5 a	35.9 a	172.3 a	0.64 a	44.88 a
Azospirillum	1.3 a	38.4 a	173.7 a	0.64 a	44.91 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	1.8 a	39.1 a	187.9 a	0.55 a	34.83 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	1.4 a	43.1 a	217.5 a	0.64 a	37.98 a
DMS	0.9	11.6	57.0	0.12	13.75
CV (%)	50.7	23.4	24.1	15.08	18.02

AzTh: Azucares Solubles Totales en hoja; DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

4.5.6 Análisis nutrimental

Nitrógeno

La concentración de nitrógeno presentó diferencias significativas, fueron superiores los tratamientos con micorrizas (*Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices*) y más bajo el tratamiento con *Bacillus subtillis* (Cuadro 7). Lo cual indica que las micorrizas formaron una asociación con las raíces de frambuesa lo que incremento la absorción de nitrógeno comparado con el testigo y los demás tratamientos, al igual que Alarcón *et al.* (2000) en un estudio de fresa.

Sin embargo aun con el efecto de las micorrizas no se obtuvo el nivel normal de concentración de nitrógeno en la planta (Cuadro 9), debido a que en el suelo se encontró en un nivel bajo de disponibilidad (Cuadro 4). Ya que el nitrógeno influye significativamente en el crecimiento vegetativo, en el vigor de la planta y en la emisión de brotes, las variables fenológicas, numero de brotes, numero de nudos, altura de la planta y diámetro del tallo, no presentaron diferencias

estadísticas significativas entre los tratamientos. El efecto de la deficiencia de nitrógeno se presentó principalmente en el número de brotes.

Fósforo

La concentración en fósforo en la planta no presentó diferencias significativas. Incluso el testigo fue superior al resto de los tratamientos (Cuadro 7). Resultado inesperado, ya que la literatura indica que las micorrizas y algunas bacterias incrementan la absorción por fósforo; esto puede deberse a que los requerimientos del cultivo fueron satisfechos por el contenido de fósforo del suelo, y considerando que las plantas tenían suficiencia (Cuadro 9), se sugiere que aun con la presencia de la micorriza la planta no tuvo la necesidad de absorber más fósforo.

Potasio

La concentración de este elemento no fue significativamente diferente (Cuadro 7). Sin embargo, su concentración en la planta se ubicó en un nivel de suficiencia (Cuadro 9). Al igual que en el fósforo se sugiere que no existió diferencia debido a la falta de necesidad por la planta de adquirir más potasio.

Calcio

La concentración de calcio no fue significativamente diferente al aplicar los tratamientos (Cuadro 7). Sin embargo la concentración de este nutrimento en la planta fue normal (Cuadro 9), debido a la disponibilidad nutrimental del suelo (Cuadro 4).

Magnesio

La concentración de magnesio por la planta no presentó diferencias significativas (Cuadro 7). Sin embargo la concentración nutrimental en la planta para este elemento fue normal (Cuadro 9).

Cuadro 7. Concentración de macronutrimentos en hojas de frambuesa roja 'Autumn Bliss', bajo invernadero, durante su primer periodo de producción.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
			%		
Testigo	1.96 ab	0.38 a	1.36 a	1.02 a	0.54 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	1.68 b	0.38 a	1.33 a	1.15 a	0.66 a
Azospirillum	1.93 ab	0.32 a	1.21 a	1.20 a	0.63 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	2.24 a	0.36 a	1.12 a	1.18 a	0.68 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	2.37 a	0.35 a	1.26 a	1.02 a	0.60 a
DMS	0.47	0.14	0.35	33.75	0.16
CV (%)	12.11	20.38	14.60	15.97	13.40

DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

Hierro

La concentración de este elemento presentó diferencias significativas (Cuadro 8) además de encontrarse en un nivel normal en la concentración de la planta (Cuadro 9); el tratamiento con *Azospirillum* fue superior a todos. Los tratamientos con *Bacillus subtillis*, *Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices* fueron ligeramente mejores que el testigo. Esto concuerda con Bashan *et al*. (1996a) donde menciona que *Azospirillum* incrementa la absorción de Fe; sin embargo, sugiere que el incremento en la absorción de minerales se debe a un incremento general en el volumen de las raíces y por tanto a una mayor superficie de contacto y no a un mecanismo más eficaz de absorción de iones.

Zinc

No se presentaron diferencias significativas en la concentración de este nutrimento (Cuadro 8). Sin embargo sus niveles en la planta fueron normales (Cuadro 9); esto puede ser el motivo de que no se presentó un efecto de los tratamientos, ya que no hubo necesidad por la planta de obtener más cantidades de dicho nutrimento (Cuadro 4).

Manganeso

No existió diferencia significativa en la concentración de este elemento al aplicar los tratamientos (Cuadro 8). Sin embargo, al igual que el zinc, se encontró en un nivel normal dentro de la planta (Cuadro 9).

Boro

Según el análisis estadístico no existen diferencias significativas en su concentración (Cuadro 8). En el análisis nutrimental se encontró en un nivel excesivo (Cuadro 9), lo cual pudo mermar la producción.

Cobre

La concentración de cobre tampoco manifestó diferencias significativas de que los tratamientos produjeran un efecto diferente (Cuadro 8). Sin embargo la concentración nutrimental de este nutrimento en la planta fue normal (Cuadro 9).

Cuadro 8. Concentración de micronutrimentos en hojas de frambuesa roja 'Autumn Bliss', creciendo en invernadero, durante su primer periodo de producción.

Tratamiento	Hierro	Zinc	Manganeso	Boro	Cobre
			$mg \cdot kg^{-1}$		
Testigo	83.98 b	19.64 a	109.02 a	80.28 a	2.66 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	91.78 ab	19.98 a	128.08 a	91.88 a	3.78 a

Azospirillum	152.09 a	22.83 a	122.80 a	85.37 a	4.05 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	95.73 ab	24.16 a	129.82 a	88.83 a	3.57 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	94.37 ab	28.52 a	137.20 a	79.23 a	3.43 a
DMS	60.46	21.21	36.27	24.43	2.12
CV (%)	30.84	28.67	15.28	15.17	32.01

DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

Cuadro 9. Concentración normal de los nutrimentos en frambuesa roja cv. Autumn Bliss. Según Crandall (1995).

Nutrimento	**Nivel normal**
N (%)	2.8
P (%)	0.3
K (%)	1.5
Ca (%)	0.6
Mg (%)	0.4
Fe ($mg \cdot kg^{-1}$)	50
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	2
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	34
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	80
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	46

4.6 CONCLUSIONES

La inoculación con *Bacillus subtilis* (2 ml en 100 ml de agua), *Azospirillum* (5 ml en 100 ml de agua), *Glomus fasciculatum* (5 $g \cdot planta^{-1}$) y *Glomus intraradices* (10 $g \cdot planta^{-1}$) con dos aplicaciones en el primer ciclo de producción en frambuesa roja cv. Autumn Bliss, no incrementó el número de brotes, número de nudos, altura de planta, diámetro de tallo, ni azúcares solubles totales en hoja. Sin embargo la baja disponibilidad de nitrógeno y hierro en el suelo provocó que los microorganismos empleados como biofertilizantes

incrementaran la absorción de estos nutrimentos en la planta a excepción de *Bacillus subtilis* en la absorción de nitrógeno. *Azospirillum* fue el mejor tratamiento que influyó sobre la absorción de hierro con 68.11 $mg \cdot kg^{-1}$ más que el testigo y las micorrizas, *Glomus intraradices* y *Glomus fasciculatum,* fueron los mejores tratamientos que influyeron sobre la absorción de nitrógeno con 0.41 % y 0.28 % más que el testigo, respectivamente.

4.7 LITERATURA CITADA

Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., González-Chávez, M.C. y Villegas-Monter, A. (2000). Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro*. *Revista Terra Latinoamericana, 18*(3), 212-216.

Alcántar, G. G., Sandoval, V. M. (1999). *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal*. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Bashan Y., Holguín, G., y Ferrera-Cerrato, R. (1996). Interacción entre plantas y microorganismos benéficos. I. Azospirillum. *Revista Terra Latinoamericana, 14*(2), 159-170.

Campos, M. L., Baca-Castillo, G. A., Jaén-Contreras, D., Muratalla-Lúa, A. y Acosta-Hernández, *R. (*2004). Fertirriego y micorriza en frambuesa roja cultivada en tepetate. *Agrociencia 38*, 75-83.

Castellanos, J. Z., Uvalle, B. J. X., Aguilar, S. A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª ed.* Celaya, Guanajuato, México. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.

Crandall, P. C. (1995). *Bramble production: The management and marketing of raspberries and blackberries.* New York, USA: CRC Press.

Hause, B., Schaarschmid, S. 2009. The role of jasmonates in mutualistic symbioses between plants and soil-born microorganisms. *Phytochemistry*, *70*(13-14), 134-142.

Parra, Q. R. A., Ramírez-Legarreta, M. R., Jacobo-Cuellar, J. L. y Arreola-Ávila, J. G. (2008). Fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' en Guerrero, Chihuahua, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 14*(1), 91-96.

SAS Institue INC, 2002. SAS/STAT guide for personal computers. Version 9.0. Cary. NC 27513, USA.

Witham, F. H., Blaydes, D. F. y Devlin, R. M. (1971*). Experiments in plant physiology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

5 ETAPA II

INOCULACIÓN DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus ideaus*) cv. AUTUMN BLISS CON HONGOS MICORRÍZICOS (*Glomus fasciculatum* G.**,** *Glomus intraradices* S.), Y RIZOBACTERIAS (*Bacillus subtilis* E. y *Azospirillum* spp.).

STAGE II

INOCULATION OF THE RED RASPBERRY (*Rubus ideaus*) cv. AUTUMN BLISS WITH MYCORRHIZAL FUNGI (*Glomus fasciculatum* G., *Glomus intraradices* S.), AND RIZOBACTERIAS (*Bacillus subtilis* E. and *Azospirillum* spp.).

5.1 RESUMEN

La frambuesa es un cultivo económicamente importante, se han probado biofertilizantes para mejorar su calidad como alimento orgánico. Debido a esto el objetivo fue evaluar el efecto de la biofertilización en el desarrollo, contenido nutrimental e inoculación en frambuesa roja (*Rubus ideaus* L.) 'Autumn Bliss'. Las plantas se establecieron bajo invernadero en macetas con suelo desinfectado con bromuro, mezclado con tezontle, en una proporción 6:4. Los tratamientos fueron: *Bacillus subtilis* E. (2 ml en 100 ml de agua); *Azospirillum* spp. (5 ml en 100 ml de agua); *Glomus fasciculatum* G. (5 g·planta^{-1}) y *Glomus intraradices* S. (10 g·planta^{-1}), con tres aplicaciones: al trasplante, 48 días después (a 5 cm de profundidad) y al iniciar la brotación del segundo ciclo (a 10 cm de profundidad). Se usó un diseño experimental completamente al azar, se realizó un análisis de varianza con prueba de comparación de medias Tukey, con el programa SAS System 9.0. Se encontró que *Glomus fasciculatum* incrementó la absorción nutrimental de calcio a 1.11 %, magnesio 0.64 %, manganeso 41.01 % y boro a 72.64 %. Incrementó el diámetro del tallo a 0.82 cm y el porcentaje de micorrización fue de 95.2 % y 92.8 % de 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad respectivamente. *Glomus intraradices* incrementó el número de nudos a 22.56. *Azospirillum* incrementó la absorción de hierro a 156.75 mg·kg^{-1} y manganeso a 40.33 mg·kg^{-1}, además incrementó el diámetro del tallo a 0.83 cm. *Bacillus subtilis* incrementó el volumen radical a 244 ml. En conclusión los microorganismos interactuaron con las raíces y generaron mayor exploración radical, lo que provoco mayor absorción nutrimental y mejor desarrollo vegetativo.[3]

[3] Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en ciencias en horticultura, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lidia Ramos Rosete

Palabras clave: ***Rubus ideaus, Glomus intraradices, Glomus fasciculatum, Bacillus subtilis, Azospirillum*** **spp.**

5.2 ABSTRACT

Raspberry is an economically important crop, and the biofertilizers have been tested to improve its quality as an organic food. Due to this the objective was to evaluate the effect of biofertilization on the development, nutritional content and inoculation in red raspberry (*Rubus* ideaus L.) 'Autumn Bliss'. The plants were established under greenhouse in pots with soil disinfected with bromide, mixed with tezontle, in a 6: 4 ratio. The treatments were: Bacillus subtilis E. (2 ml in 100 ml of water); Azospirillum spp. (5 ml in 100 ml of water); Glomus fasciculatum G. (5 g · plant-1) and Glomus intraradices S. (10 g · plant-1), with three applications: to transplant, 48 days later (at 5 cm depth) and at the beginning of the sprouting of the second cycle (at 10 cm depth). A completely randomized experimental design was used, an analysis of variance was performed with Tukey test means, with the SAS System 9.0 program. *Glomus fasciculatum* was found to increase nutritional absorption of calcium at 1.11%, magnesium 0.64%, manganese 41.01% and boron at 72.64%. It increased the diameter of the stem to 0.82 cm and the percentage of mycorrhization was 95.2% and 92.8% of 0-10 cm and 10-20 cm of depth respectively. *Glomus intraradices* increased the number of knots to 22.56. *Azospirillum* increased the iron absorption to 156.75 $mg \cdot kg^{-1}$ and manganese to 40.33 $mg \cdot kg^{-1}$, also increased the diameter of the stem to 0.83 cm. *Bacillus subtilis* increased the radical volume to 244 ml. In conclusion, the microorganisms interacted with the roots and generated more radical exploration, which caused greater nutrimental absorption and better vegetative development.

Keywords: ***Rubus ideaus,Glomus intraradices,Glomus fasciculatum, Bacillus subtilis,Azospirillum*** **spp.**

5.3 INTRODUCCIÓN

Las frutillas son cultivos de alta rentabilidad debido al alto precio en los mercados internacionales. En 2014 el precio medio rural de la frambuesa fue de 39,371.7 pesos por tonelada, esto es 39.3 pesos por kilogramo. Lo que ha incentivado el incremento en la producción en México, principalmente en estados como Jalisco, Baja California y Michoacán donde la producción fue de

22.3, 8.8 y 4.4 miles de toneladas respectivamente para el 2014, según Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2016).

Debido a que es considerado un cultivo económicamente rentable, es importante invertir en su mejora. Así pues se han probado microorganismos benéficos al suelo con la finalidad de obtener mejor calidad de fruto y menor inversión en fertilizantes, además de otorgar al consumidor un producto orgánico. Se han obtenido resultados positivos en algunos aspectos, Alarcón *et al*. (2000) en fresa encontraron una concentración foliar mayor de N y P en las plantas hijas correspondientes a las plantas madre inoculadas. Además se presentó un grado de colonización micorrízica relativamente alto en plantas madre inoculadas y en el sustrato de las plantas tratadas con *Glomus fasciculatum* G.

Puesto que no basta con ver diferencias en las variables fenológicas para concluir que el efecto sea de los microorganismos benéficos el principal objetivo en esta investigación fue evaluar el porcentaje de inoculación por los microorganismos benéficos, además del crecimiento vegetativo y el contenido nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, B y Cu de la frambuesa roja (*Rubus ideaus* L.) 'Autumn Bliss' biofertilizada con las micorrizas *Glomus fasciculatum* G. y *Glomus intraradices* S. y las bacterias; *Bacillus subtilis* E. y *Azospirillum* spp.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

5.4.1 Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló de abril de 2016 a agosto de 2017, en los invernaderos de cristal del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Km 38.5 de la carretera México-Texcoco a una altitud de 2,250 msnm, en las coordenadas geográficas 19° 29' de latitud norte, 98° 53' longitud oeste.

5.4.2 Sustrato

Las plantas se encontraban establecidas en macetas de plástico del número 9 con capacidad de 8 kg de una mezcla de suelo desinfectado con bromuro en una proporción 6:4, al cual se le aplicaron micorrizas y bacterias según corresponde a los tratamientos (Cuadro 14). Se realizó un análisis nutrimental del suelo en el cual venían las plantas provenientes de Toluca (Cuadros 10 y 11); así como del suelo desinfectado del campo San Martín, ubicado en Chapingo (Cuadros 12 y 13). El riego fue manual de acuerdo con los requerimientos de la planta, dando de dos a tres riegos por semana.

5.4.3 Material vegetal, micorrízico y bacteriano

Se utilizó Promobac que contiene *Bacillus subtilis* E. y se usó un producto a base de *Azospirillum* spp.; así como TM-73BioMic que contiene *Glomus fasciculatum* G. principalmente y Biofertilizer que contiene *Glomus intraradices* S., las plantas de frambuesa roja cv. Autumn Bliss ya estaban establecidas en macetas de plástico desde la etapa anterior. Debido a que esta investigación es continuidad de la anterior las plantas se encontraban finalizando la producción.

Cuadro 10. Características físicas y químicas del suelo de Toluca**,** Edo. de Méx.

Características	**Resultado del análisis**	**Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)**
pH	6. 96	Neutro
C.E. (dS·m^{-1})	1.68	Muy bajo en sales
MO (%)	9.57	Muy alto
Densidad aparente (g·cm^{-3})	0.72	Buena
Arena (%)	73.5	
Limo (%)	16.6	
Arcilla (%)	10	
Textura	Franco-arenoso	Gruesa

Cuadro 11. Contenido nutrimental del suelo de Toluca, Edo. de Méx.

Nutrimento	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)
N (%)	0.00114	Bajo
P (%)	0.00724	Muy alto
K (%)	0.1064	Alto
Ca (%)	0.6857	Muy alto
Mg (%)	0.1253	Muy alto
Fe ($mg \cdot kg^{-1}$)	50.65	Muy alto
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	3.52	Muy alto
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	10.45	Muy alto
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	53.21	Muy alto
B ($mg \cdot kg^{-1}$)	4.41	Muy alto

Cuadro 12. Características físicas y químicas del suelo de Chapingo**,** Edo. de Méx.

Características	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al.* (2000)
pH	7.2	Neutro
C.E. ($dS \cdot m^{-1}$)	3.1	Moderadamente salino
MO (%)	2.39	Muy alta
Densidad aparente ($g \cdot cm^{-3}$)	1.43	Buena
Arena (%)	67.5	
Limo (%)	20.6	
Arcilla (%)	12	
Textura	Franco-arenoso	Gruesa

Cuadro 13. Contenido nutrimental del suelo de Campo Agrícola Experimental “San Martin”, Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.

Nutrimento	Resultado del análisis	Interpretación según Castellanos *et al*. (2000)
N (%)	0.00159	Bajo
P (%)	0.04063	Muy alto
K (%)	0.0938	Alto
Ca (%)	0.2003	Muy alto
Mg (%)	0.082	Alto
Fe ($mg \cdot kg^{-1}$)	12.6	Medio
Cu ($mg \cdot kg^{-1}$)	2.31	Muy alto
Zn ($mg \cdot kg^{-1}$)	5.79	Alto
Mn ($mg \cdot kg^{-1}$)	19.79	Moderadamente alto

B (mg·kg^{-1})	2.85	Alto

5.4.4 Aplicación de tratamientos

Se realizó una aplicación de los tratamientos al inicio de la nueva brotación. La aplicación de los productos bacterianos y micorrízicos se hizo a 10 cm de profundidad, debido a la distribución radical de la planta (Cuadro 14).

Cuadro 14. Productos microbianos empleados en la inoculación de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, cultivada bajo invernadero, en Chapingo, Texcoco, Edo. de México.

Tratamiento	**Dosis**	**Características**
Testigo		
Promobac (*Bacillus subtilis*)	2 ml en 100 ml de agua	1x10^{7} UFC·ml^{-1} (Cepa LALBs1)
Azospirillum	5 ml en 100 ml de agua	
TM-73BioMic *(Glomus fasciculatum, G. constrictum, G. tortuosum, G. geosporum, Acaulospora scrobicurata, Gigaspora margarita*)	5 g·planta^{-1}	20,000 esporas viables·kg^{-1} de hongos endomicorrízicos (VA)
BIOfertilizer *(Glomus intraradices*)	10 g·planta^{-1}	20 propágulos de micorriza por gramo de sustrato a base de suelo esterilizado y raíces molidas de gramíneas

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, cada uno con cinco repeticiones y la unidad experimental consistió en una

maceta. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS System 9.0, (2002).

5.4.5 Variables evaluadas.

Número de brotes. Se cuantificó el número de brotes emitidos de cada planta, a las 61 semanas después del trasplante, esto fue 19 semanas después de la tercera aplicación de los tratamientos.

Número de nudos por brote. Se cuantificó el número de nudos por brote de cada planta al mismo tiempo que el número de brotes.

Altura de brotes nuevos. Con una cinta métrica se midió la altura de los brotes nuevos de cada planta al inicio de la nueva floración, esto fue al mismo tiempo que las variables anteriores.

Diámetro del tallo. Se midió el diámetro del tallo principal de cada planta a los 10 cm de la base con un vernier de metal manual marca Truper ®, al mismo tiempo que las variables anteriores.

Peso fresco de la parte aérea. Se retiró la parte aérea de cada planta al terminar de tomar las variables anteriores, esto fue 63 semanas después del trasplante, se tomó el peso fresco de toda la parte aérea de la planta haciendo uso de una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Peso seco de la parte aérea. Se secó la parte aérea en una estufa con aire forzado marca BINDER por 48 horas a una temperatura de 65 °C y posteriormente se pesó haciendo uso de la balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Azucares solubles totales en hoja. Se muestrearon cinco hojas maduras del tallo principal de cada planta, de cada una de ellas se tomó un foliolo y se dividieron en tres grupos, estas fueron las repeticiones, se realizó de esta forma para obtener 2 gramos de material vegetal necesario para la determinación. Se empleó el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971), las lecturas se

hicieron en un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

Análisis nutrimental en hoja. Se muestrearon cinco hojas maduras de dos plantas con el mismo tratamiento. Se pesaron y se sumergieron en el tren de lavado que consiste en lavar una vez con agua de la llave y dos veces en agua destilada, se retiró el exceso de agua y se guardaron en bolsas de papel perforadas para secar a 65 °C por 48 horas en una estufa con aire forzado marca BINDER. Las muestras secas se molieron en un molino de acero inoxidable marca Arthur H. Thomas, con malla del número 20. Se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, B y Zn. La determinación de N se realizó por el método de microkjeldahl, la de los demás elementos se hizo con un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP modelo 725-ES de VARIAN® (Australia) en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval, (1999).

Longitud de raíz. Con una cinta métrica se midió la longitud de la raíz de cada planta, 63 semanas después del trasplante, esto fue 21 semanas después de la tercera aplicación de tratamientos.

Volumen de raíz. Después de lavar la raíz se sumergió en una probeta de 1000 ml aforada a 600 ml y se midió el valor desplazado de agua, el cual fue equivalente al volumen de la raíz.

Azucares solubles totales en raíz. De cada raíz se pesaron 6 gramos, 2 gramos tomados de 0-10 cm, 2 gramos de 10-20 cm y 2 gramos de 20-30 cm de la raíz. Se empleó el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971), las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

Peso fresco de raíz. Se tomó el peso fresco después de lavar y retirar humedad, para lo cual se utilizó una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Peso seco de raíz. Las raíces se colocaron en bolsas de papel perforadas y se secaron en un una estufa con aire forzado marca BINDER por 48 horas a una temperatura de 65 °C y posteriormente se pesó haciendo uso de la balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Porcentaje de Micorrización. Las raíces de las plantas se separaron del sustrato y se lavaron cuidadosamente. La longitud de la raíz se dividió en tres estratos, de 0-10 cm, de 10-20 cm y de 20-30 cm; por cada estrato se muestreó aleatoriamente 50 tramos de raíces de 1.5 cm aproximadamente, se eligieron las raíces más delgadas y claras; es decir las raíces nuevas. Las raíces se colocaron en un vaso de precipitado de 15 ml con KOH al 10 %, inmediatamente después de cortarlas. En un vaso de precipitado de 500 ml con agua de la llave, previamente calentado en el horno por 15 segundos, se sometieron a baño maría en el microondas por 13 segundos. Después se retiró el exceso de KOH y se colocaron las raíces en H_2O_2 al 30 % por 20 min, se agitaron las raíces al menos dos veces durante esos 20 min. Se enjuagó con agua destilada y se ordenaron las raíces en el portaobjetos, 10 por cada uno, se agregó una gota de azul tripano en lactofenol y se colocó el cubreobjetos, se presionó ligeramente con el borrador de un lápiz sobre el cubreobjetos y se esperó al menos 5 min para después observar al microscopio. Para obtener el porcentaje de colonización se cuantificó el número total de segmentos de raíz colonizados por alguna estructura fúngica, hifa, arbúsculo o vesícula; este valor se dividió entre el número total de segmentos observados y el resultado se multiplicó por 100, como se indica en la siguiente fórmula:

$$Porcentaje\ de\ colonización = \frac{\text{Número total de segmentos colonizados}}{\text{Número total de segmentos observados}}\ x\ 100$$

5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.5.1 Número de brotes

El número de brotes no presentó diferencias significativas con relación a los tratamientos aplicados (Cuadro 15). Sin embargo se observa que el número de brotes fue de 7.2 a 11.4, lo cual es ligeramente mayor a lo reportado por Parra

et al. (2008), en un estudio de la fenología de la frambuesa roja cv. Autumn Bliss, donde reportó un número promedio de brotes de 6.7.

5.5.2 Número de nudos por brote

Existió diferencia significativa en el número de nudos por brote, la aplicación de *Glomus intraradices* fue el mejor tratamiento, (Cuadro 15). Sin embargo fue una baja cantidad de número de nudos, ya que Parra *et al*., (2008) reportaron de 30 a 40 números de nudos por brote. Pero al considerar que el número de nudos es directamente proporcional a la altura, se sugiere que el número de brotes obtenidos es adecuado, ya que la altura fue igualmente menor.

5.5.3 Altura de brotes nuevos

No existió diferencia significativa entre tratamientos en la altura de brotes nuevos (Cuadro 15). Además se obtuvo menor altura de brotes con un intervalo de 69.84 a 89.3 cm, lo cual fue menor que la altura reportada por Parra *et al.* (2008) quienes reportan una altura de 130 cm; sin embargo en la etapa de toma de datos algunos brotes no habían terminado de desarrollarse, lo que sugiere que aún podrían alcanzar la altura reportada.

5.5.4 Diámetro del tallo

Si existió diferencia significativa entre tratamientos en el diámetro del tallo principal, todos fueron mejor que el testigo, pero los mejores tratamientos fueron *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum* (Cuadro 15). Lo que indicó que los tratamientos mejoraron el vigor del tallo.

5.5.5 Peso fresco de la parte aérea

No existió diferencia significativa entre los tratamientos en el peso fresco de la parte aérea de la planta (Cuadro 15).

5.5.6 Peso seco de la parte aérea

Al igual que para el peso fresco, tampoco para el peso seco se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 15).

5.5.7 Azucares solubles totales en hoja

No existió diferencia significativa entre tratamientos en azucares solubles totales en hoja (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación de medias entre tratamientos, de variables de la parte aérea de las plantas de frambuesa roja 'Autumn Bliss', biofertilizadas bajo invernadero en el segundo periodo de producción en Chapingo, Edo. de Méx.

Tratamiento	NB	NN	AB	DT	PFPA	PSPA	AzTh (mg·g.p.f.$^{-1}$)
Testigo	8.60 a	14.34 b	70.88 a	0.58 b	110.98 a	55.50 a	26.60 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	11.40 a	14.40 b	69.84 a	0.70 ab	149.56 a	77.48 a	31.59 a
Azospirillum	7.20 a	18.48 ab	85.94 a	0.83 a	131.56 a	61.84 a	33.94 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	8.40 a	18.44 ab	84.30 a	0.82 a	136.66 a	55.50 a	35.95 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	7.60 a	22.56 a	89.30 a	0.78 ab	141.54 a	63.04 a	31.28 a
DMS	5.25	6.80	40.03	0.23	43.83	22.92	13.05
CV (%)	32.08	20.37	26.48	15.76	17.27	19.30	15.23

NB: Numero de Brotes; NN: Número de nudos; AB: Altura de Brotes; DT: Diámetro del Tallo; PFPA: Peso Fresco de la Parte Aérea; PSPA: Peso Seco de la Parte Aérea; AzTh: Azucares Solubles Totales en hoja; DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

5.5.8 Longitud de raíz

La longitud de raíz no presentó evidencia significativa de que existiera diferencia entre los tratamientos aplicados (Cuadro 16).

5.5.9 Volumen de raíz

Sí existió diferencia significativa para el volumen de raíz, todos los tratamientos fueron mejores que el testigo, sin embargo *Bacillus subtillis* fue el mejor (Cuadro 16). Lo cual concuerda con Sarti y Miyazaki, (2013) en el cultivo de soja

coinoculada con *Bacillus subtilis* y *Bacillus japonicum* en donde reportaron un incremento en el desarrollo radical. Además con Pérez-Moncada *et al.* (2012) en un estudio de mora de castilla *in vitro* donde indicaron que se incrementó la biomasa radical al aplicar *Glomus* sp., así también Bashan *et al*. (1996) indicaron que *Azospirillum* incrementó la biomasa radical, sugiriendo a esto la mayor absorción nutrimental por las plantas.

5.5.10 Peso freso de raíz

No existió diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable (Cuadro 16).

5.5.11 Peso seco de raíz

Al igual que el peso fresco de raíz no existió evidencia significativa de que los tratamientos aplicados generaran un efecto diferente en el peso seco de raíz (Cuadro 16).

5.5.12 Azucares solubles totales en raíz

No existe diferencia significativa de que los tratamientos presentaran un efecto diferente en el contenido de azucares solubles totales en raíz (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias de las variables de la raíz de frambuesa roja cv. Autumn Bliss, biofertilizada bajo invernadero en Chapingo, Edo. de Méx.

Tratamiento	LR	VR	PFR	PSR	AzTr ($mg \cdot g.p.f.^{-1}$)
Testigo	26.6 a	184.0 b	174.46 a	60.44 a	25.67 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	32.4 a	244.0 a	238.26 a	73.04 a	26.91 a
Azospirillum	32.2 a	210.0 ab	213.58 a	62.56 a	29.92 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	29.2 a	232.0 ab	212.23 a	71.72 a	22.40 a

BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	28.6 a	222.0 ab	229.04 a	71.24 a	30.32 a
DMS	6.1	52.5	68.48	17.38	10.24
CV (%)	10.8	12.7	16.95	13.55	20.01

PFR: Peso Fresco de la raíz; PSR: Peso Seco de raíz; LR: Longitud de Raíz; VL: Volumen de Raíz; AzTr: Azucares Solubles Totales en raíz; DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

5.5.13 Porcentaje de micorrización en raíz

Existió evidencia significativa de que la inoculación con las micorrizas fue diferente en el porcentaje de micorrización en la raíz (Cuadro 17). El porcentaje de micorrización de la raíz fue mejor en ambas profundidades de la raíz (0-10 cm y 10-20 cm) por *Glomus fasciculatum*, seguido de *Glomus intraradices.* Sin embargo, se obtuvo un porcentaje de inoculación en el testigo; esto pudo deberse a micorrizas presentes en el suelo en el cual se encontraban las plantas antes de iniciar esta investigación. Lo cual sugiere que todas las plantas presentaron micorrizas no identificadas antes y durante la investigación, lo que indicó que el porcentaje de micorrización de los tratamientos no fue puramente de las micorrizas evaluadas.

Cuadro 17. Porcentajes de inoculación de micorrizas en frambuesa roja cv. Autumn Bliss, cultivada bajo invernadero en Chapingo, Edo. de Méx.

Tratamiento	**Porcentaje de inoculación**	
	0-10 cm	**10-20 cm**
Testigo	38.80 b	42.4 b
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	95.20 a	92.8 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	74.40 a	86.4 a
DMS	30.61	23.0
CV (%)	26.11	18.4

DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

Se encontraron estructuras micorrízicas dentro de las células radicales, lo cual demostró la interacción entre la planta y las micorrizas (Figura 1).

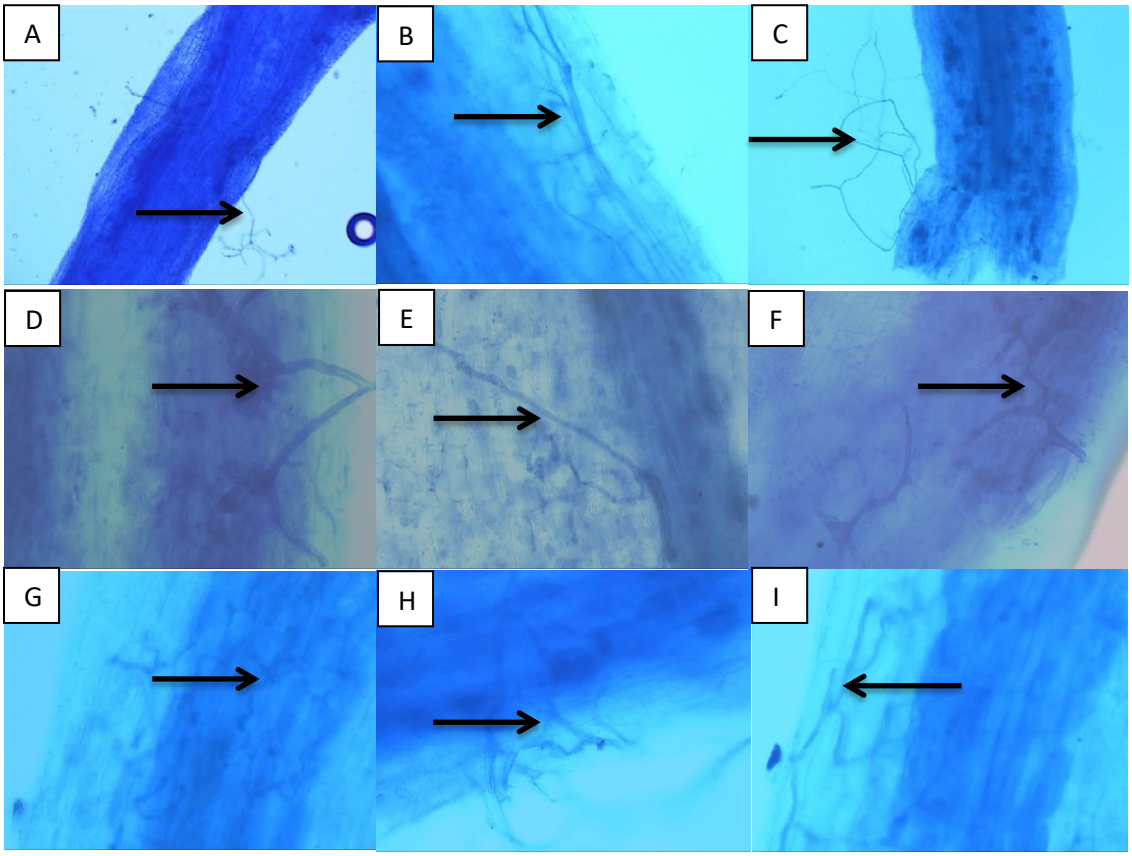

Figura 1.Micorrización en raíces de frambuesa roja cv. Autumn Bliss cultivada bajo invernadero en Chapingo, Texcoco, Méx.

A: Testigo de 0-10 cm de profundidad, observado a 10x, B: Testigo de 10-20 cm de profundidad, observado a 40x, C: Testigo de 20-30 cm de profundidad, observado a 10x, D: *Glomus fasciculatum* de 0-10 cm de profundidad, observado a 40x, E: *Glomus fasciculatum* de 10-20 cm de profundidad, observado a 40x, F: *Glomus fasciculatum* de 20-30 cm de profundidad, observado a 40x, G: *Glomus intraradices* de 0-10 cm de profundidad, observado a 40x, H: *Glomus intraradices* de 10-20 cm de profundidad, observado a 40x, I: *Glomus intraradices* de 20-30 cm de profundidad, observado a 40x.

5.5.14 Análisis nutrimental

Nitrógeno

No existió diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 18). No solo eso, sino que además los valores del análisis nutrimental demuestran una deficiencia de dicho nutrimento (Cuadro 20).

Fósforo

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de fósforo por la planta (Cuadro 18), además de presentar una concentración normal dentro de la planta (Cuadro 20). Sin embargo no se presentó una mejor absorción con respecto al testigo, *Glomus fasciculatum*, *Glomus intraradices* y *Azospirillum* fueron iguales al testigo.

Potasio

No existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de potasio (Cuadro 18). Además de que la absorción de este elemento por la planta fue deficiente (Cuadro 20) a excepción del tratamiento con *Bacillus subtilis* que fue suficiente; esto probablemente fue resultado de una mayor superficie de contacto por la raíz, ya que como se indicó en la variable volumen de raíz, la aplicación de *Bacillus subtilis* obtuvo un mayor incremento.

Calcio

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de calcio, *Glomus fasciculatum* fue el mejor tratamiento y el peor tratamiento fue *Bacillus subtillis*, los demás tratamientos fueron similares al testigo (Cuadro 18). Además el estado nutrimental de la planta en esta etapa fue normal (Cuadro 20).

Magnesio

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de magnesio, *Glomus fasciculatum* y *Azospirillum* fueron los mejores tratamientos, los demás fueron similares al testigo (Cuadro 18). El estado nutrimental de la planta fue normal (Cuadro 20).

Cuadro 18. Concentración de macronutrimentos en frambuesa roja 'Autumn Bliss', biofertilizada bajo invernadero, durante el segundo periodo de producción, en Chapingo, Texcoco, México.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
			%		
Testigo	1.52 a	0.43 a	0.87 a	0.97 b	0.52 b
Promobac (*Bacillus subtilis)*	1.31 a	0.34 b	1.01 a	0.86 c	0.51 b
Azospirillum	1.24 a	0.46 a	0.89 a	0.97 b	0.58 ab
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	1.45 a	0.48 a	0.86 a	1.11 a	0.64 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	1.38 a	0.47 a	0.85 a	1.00 b	0.57 b
DMS	0.53	0.58	0.21	0.79	0.07
CV (%)	14.32	4.99	8.61	2.97	4.47

DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

Hierro

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de hierro, el mejor tratamiento fue la aplicación de *Azospirillum*, los demás tratamientos provocaron un efecto negativo en la absorción, ya que fueron menores que el testigo (Cuadro 19). Esto concuerda con Bashan *et al*. (1996a) quienes mencionaron que *Azospirillum* incrementó la absorción de hierro por las plantas, al incrementar la superficie de contacto radical.

La concentración de hierro en la planta fue normal con excepción de las plantas con *Glomus intraradices* que se encontró a nivel de suficiencia (Cuadro 20).

Zinc

No existió diferencia significativa entre los tratamientos en la absorción de zinc por la planta (Cuadro 19); además de mostrar niveles de deficiencia en el análisis nutrimental realizado a excepción de los tratamientos con *Azospirillum*, *Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices*, los cuales apenas alcanzaron el nivel de suficiencia (Cuadro 20).

Manganeso

Existió diferencia significativa entre los tratamientos en las concentraciones de manganeso en la planta, *Glomus fasciculatum* y *Azospirillum* fueron los mejores tratamientos (Cuadro 19). Sin embargo la concentración de manganeso en la planta fue a nivel de suficiencia (Cuadro 20).

Boro

Existieron diferencias significativas entre los tratamientos en la absorción de boro por la planta, *Glomus fasciculatum* fue el mejor tratamiento (Cuadro 19). La concentración de boro en la planta fue normal (Cuadro 20).

Cobre

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la absorción de cobre por las plantas (Cuadro 19). Sin embargo se encontró la concentración nutrimental a nivel normal y de suficiencia en el caso de las plantas tratadas con *Azospirilum* y *Glomus intraradices* (Cuadro 20).

Cuadro 19. Concentración de micronutrimentos en frambuesa roja 'Autumn Bliss', biofertilizada bajo invernadero, durante el segundo periodo de producción en Chapingo, Edo. de México.

Tratamiento	Hierro	Zinc	Manganeso	Boro	Cobre
			mg·kg^{-1}		
Testigo	101.10 ab	14.05 a	31.56 b	60.95 ab	6.84 a
Promobac (*Bacillus subtilis)*	87.18 b	14.71 a	29.18 b	57.60 b	5.63 a
Azospirillum	156.71 a	18.99 a	40.33 a	64.48 ab	4.29 a
TM-73BioMic (*Glomus fasciculatum, etc.)*	83.96 b	17.51 a	41.01 a	72.64 a	9.53 a
BIOfertilizer (*Glomus intraradices*)	53.85 b	17.32 a	29.99 b	62.55 ab	3.53 a
DMS	63.08	13.77	4.48	12.87	12.44
CV (%)	24.31	31.02	4.85	7.53	77.66

DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación. Valores con la misma letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey α≤0.05).

Cuadro 20. Concentración normal de los nutrimentos en frambuesa roja cv. Autumn Bliss, según Crandall (1995).

Nutrimento	Nivel normal
N (%)	2.8
P (%)	0.3
K (%)	1.5
Ca (%)	0.6
Mg (%)	0.4
Fe (mg·kg^{-1})	50
Cu (mg·kg^{-1})	2
Zn (mg·kg^{-1})	34
Mn (mg·kg^{-1})	80
B (mg·kg^{-1})	46

5.6 CONCLUSIONES

Los microorganismos aplicados en las cantidades y tiempos indicados, si presentaron interacción con la raíz de la planta de frambuesa roja cv. Autumn Bliss cultivada bajo invernadero, lo cual generó un porcentaje alto de micorrización en los tratamientos de micorrizas.

Al realizarse dicha interacción se mejoró la exploración radical, lo cual provocó un incremento en la absorción nutrimental de algunos elementos como calcio, magnesio, manganeso y boro en las plantas tratadas con *Glomus fasciculatum* y hierro, manganeso y magnesio en las plantas tratadas con *Azospirillum*.

Se sugiere la producción de hormonas promotoras del desarrollo en los casos donde se presentaron diferencias en el desarrollo radical y aéreo de la planta pero no en la absorción nutrimental, tal es el caso de *Glomus intraradices* y *Bacillus subtilis*.

5.7 LITERATURA CITADA

Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., González-Chávez, M.C. y Villegas-Monter, A. (2000). Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro*. *Revista Terra Latinoamericana, 18*(3), 212-216.

Alcántar, G. G., Sandoval, V. M. (1999). *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal*. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Bashan Y., Holguín, G., y Ferrera-Cerrato, R. (1996a). Interacción entre plantas y microorganismos benéficos. I. Azospirillum. *Revista Terra Latinoamericana, 14*(2), 159-170.

Castellanos, J. Z., Uvalle, B. J. X., Aguilar, S. A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª ed.* Celaya, Guanajuato, México: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.

Crandall, P. C. (1995). *Bramble production: The management and marketing of raspberries and blackberries.* New York, USA: CRC Press.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) 2016.

Parra, Q. R. A., Ramírez-Legarreta, M. R., Jacobo-Cuellar, J. L. y Arreola-Ávila, J. G. (2008). Fenología de la frambuesa roja 'Autumn Bliss' en Guerrero, Chihuahua, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura, 14*(1), 91-96.

Pérez-Moncada, U. A., Ramírez-Gómez, M. M., Núñez-Zarante, V. M., Franco-Correa, M., y Roveda-Hoyos, G. (2012). Evaluación de un sistema para la micorrización in vitro en plantas de mora de castilla (*Rubus glaucus*, Benth). *Universitas Scientiarum*, *17*(2), 143-149.

Sarti, C. G., Miyazaki, S. S. (2013). Actividad antifúngica de extractos crudos de *Bacillus subtilis* contra fitopatógenos de soja (*Glycine max*) y efecto de su coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. *Agrociencia*, *47*(4), 377-383.

SAS Institue INC, 2002. SAS/STAT guide for personal computers. Version 9.0. Cary. NC 27513, USA.

Witham, F. H., Blaydes, D. F. y Devlin, R. M. (1971). *Experiments in plant physiology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.