PRODUCCIÓN Y ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN FRESA (*Fragaria × ananassa* DUCH.) CON SUSTRATOS TRATADOS CON METAM SODIO O MICORRIZAS

PRODUCTION AND DRY MATTER ACCUMULATION IN STRAWBERRY (*Fragaria × ananassa* DUCH.) ON SUBSTRATES TREATED WITH METAM SODIUM OR MYCORRHIZA

Reyes López-García[1], Guillermo Calderón-Zavala[1]*, Horacio Eliseo Alvarado-Raya[2], David Jaen-Contreras[1] y Humberto Vaquera-Huerta[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. [2]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola, Chapingo, Estado de México, México.

**Autor de correspondencia* (cazagu@colpos.mx)

RESUMEN

En el cultivo de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) la desinfección al suelo es principalmente por métodos químicos. Debido a los potenciales efectos negativos de los desinfectantes químicos hacia el ambiente, actualmente se estudian productos menos agresivos o sistemas alternativos como los cultivos en sustratos; sin embargo, no se cuenta con suficiente información del efecto que estas alternativas tienen sobre el rendimiento de la planta. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del sustrato tratado antes de plantación con metam sodio (MS) o mediante inoculación con micorrizas sobre el rendimiento y materia seca acumulada de los cultivares de fresa Zamorana y Festival. Plantas crecidas en sustratos preparados con peat-moss y perlita, con o sin composta y tratados o no con MS o micorrizas se distribuyeron completamente al azar en arreglo factorial 3 × 2 × 2 (tratamiento de sustrato, mezcla de materiales y cultivares) en un invernadero de vidrio. Ni el MS ni las micorrizas afectaron significativamente los componentes de rendimiento ni la distribución de materia seca en los órganos de la planta. La adición de composta al sustrato tampoco afectó el rendimiento ni el número de frutos por planta, pero resultó en menor peso del fruto (11.3 g) en comparación con sustratos sin composta (12.1 g, P < 0.03). También se observó una reducción de 46.0 % (P < 0.0001), 15.2 % (P < 0.00189) y 12.4 % (P < 0.0195) en materia seca acumulada en raíz, hoja y total, respectivamente, en plantas cultivadas con composta. Zamorana tuvo mayor rendimiento y peso de fruto que Festival, con 410.2 *vs*. 345.5 g/planta (P < 0.006) y 12.8 *vs*. 10.6 g/fruto (P < 0.0001), respectivamente. La producción de fresa en los sustratos estudiados no requiere tratamiento previo del material y Zamorana muestra mejor potencial que Festival para producción en sustrato por su mayor rendimiento y peso de fruto.

Palabras clave: Composta, cultivares mexicanos de fresa, peat-moss, perlita, producción en sustratos.

SUMMARY

In the strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) industry, soil disinfection is mainly done by chemical methods. Due to the potential negative effects from soil disinfectants to the environment, less aggressive products or alternative systems such as growing on substrates are currently being studied; however, there is not enough information on the effect that these alternatives have on plant performance. The objective of this study was to evaluate the effect of the substrate treated before planting with metam sodium (MS) or by inoculation with mycorrhiza on yield and accumulation of dry matter of the Zamorana and Festival strawberry cultivars. Plants grown on substrates prepared with peat-moss and perlite, with or without compost and treated or not with MS or mycorrhiza were randomly distributed following a 3 × 2 × 2 factorial arrangement (substrate treatment, mixture of media and cultivars) into a glasshouse. Neither MS nor mycorrhiza significantly affected the yield components nor the dry matter distribution in the plant organs. The addition of compost to the substrate did not affect the yield or the number of fruits per plant either, but resulted in a lower weight of the fruit (11.3 g) compared to substrates without compost (12.1 g, P < 0.03). A reduction of 46.0 % (P < 0.0001), 15.2 % (P < 0.0189) and 12.4 % (P < 0.0195) was also observed in accumulated dry matter in root, leaf and total, respectively, in plants grown with compost. Zamorana had higher yield and fruit weight than Festival, with 410.2 *vs*. 345.5 g/plant (P < 0.006) and 12.8 *vs*. 10.6 g/fruit (P < 0.0001), respectively. Strawberry production in the studied substrates does not require prior treatment of the substrates; Zamorana shows better potential than Festival for production on substrate because of its higher yield and fruit weight.

Index words: Compost, peat-moss, perlite, soilless production, strawberry Mexican cultivars.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) ha dependido de la utilización de desinfectantes del suelo; se han buscado alternativas con menos impacto al ambiente, pero que aseguren la eficiencia del sistema productivo. La prohibición mundial del bromuro de metilo (BM) a partir de 2005, el cual tenía un amplio espectro en el control de plagas y enfermedades del suelo y del que se hizo dependiente el cultivo de fresa, generó la necesidad de investigar nuevas alternativas como el 1,3 diclopropano, el dazomet, el metam sodio (MS), la cloropicrina y el dimetil disulfito, los cuales son productos permitidos en México por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, COFEPRIS (Koron *et al*., 2014; Lloyd *et al*., 2016; López-Aranda *et al*., 2016a).

Metam sodio es considerado como el tercer desinfectante más utilizado en el mundo. Entre las principales ventajas que tiene el MS es un menor costo en relación con el resto de desinfectantes químicos y, al igual que el BM, tiene un amplio espectro de control de malezas, nematodos y hongos (Goodhue *et al*., 2005). Aunque el MS

Recibido: 11 de Octubre de 2019
Aceptado: 22 de Agosto de 2020

no proporciona un adecuado control contra *Verticillium*, uno de los principales patógenos en el cultivo de fresa, sí logra controlar la presencia de *Rhizoctonia* spp. (Camprubí *et al*., 2007).

Actualmente, la preferencia de los consumidores ha cambiado, y su exigencia en la utilización de productos más amigables con el ambiente ha llevado a buscar alternativas a los desinfectantes químicos. López-Aranda *et al*. (2016a) mencionaron que el uso de desinfectantes químicos del suelo ha disminuido en 30 % y que se requieren otras alternativas que no dañen al ser humano ni al medio ambiente. Entre los métodos alternativos utilizados está el uso de sustratos y el uso de micorrizas (Montoya-Martínez *et al*., 2019).

Entre los sustratos utilizados en la producción de fresa se encuentra el peat-moss (turba de *Sphagnum*), la perlita, la fibra de coco, la vermiculita y los residuos y materiales orgánicos, que coadyuvan en la mejora de las características de crecimiento como área foliar, peso seco y fresco, rendimiento, y mejoran parámetros de calidad de fruto como el contenido de solidos solubles totales (SST), ácido cítrico, ácido ascórbico, pH, y tamaño y forma de fruto (Alvarado *et al*., 2014; Lieten, 2013; Singh *et al*., 2010). Con respecto al peat-moss, se debe mencionar su desventaja económica y ambiental, que ha llevado a varios países a buscar sustitutos más rentables como la composta (Lanzi *et al*., 2009), la cual también ha sido sugerida como una vía no química para el control de plagas y agentes causales de enfermedades del suelo como *Phythium ultimum, Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia minor* (Pane *et al*., 2011) y para asegurar el suministro de micro y macroelementos para la planta (Lloyd *et al*., 2016).

Por otra parte, las micorrizas pueden mejorar el desarrollo de las plantas y coadyuvar en el control de plagas y enfermedades del suelo. Las micorrizas forman relaciones simbióticas planta-hospedero y reciben compuestos de carbono de las plantas para subsistir y completar su ciclo biológico (Pandey *et al*., 2007). Esta simbiosis tiene efecto positivo en el crecimiento, desarrollo, producción y contenido de minerales en plantas de fresa (Fan *et al*., 2008); además, las protege contra patógenos *como Sclerotium cepivorum*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Helicobasidium mompa*, *Rhizoctonia solani*, *Aphanomyces euteiche*, *Cylindrocladium*, *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Thielaviopsis* y varios nemátodos (Gosling *et al*., 2006); también se ha reportado que las micorrizas tienen buen efecto en el incremento del metabolismo secundario, como la síntesis de fenoles y antocianinas (Baslam *et al*., 2013).

Debido a la poca información disponible relacionada con el efecto sobre variables de crecimiento y rendimiento que tienen los tratamientos químicos y biológicos en sustratos previos a la plantación en el cultivo de fresa, esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar sustratos con o sin composta y tratados con MS o inoculados con micorrizas sobre el rendimiento y acumulación de materia seca en dos cultivares de fresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento y material vegetal

El experimento se llevó a cabo en invernadero de vidrio en Texcoco, Estado de México a 19° 30′ latitud N y 98° 53′ longitud O, a una altitud de 2250 m. Se utilizaron plantas de fresa del cultivar Zamorana obtenido en el programa de mejoramiento del Colegio de Posgraduados (CP) de México y del cultivar comercial Festival. Las plantas de ambos cultivares fueron extraídas a raíz desnuda entre los días 20 y 23 de noviembre de 2012, se mantuvieron en refrigeración a 0 °C hasta su plantación definitiva el 1 de marzo del 2013. Al momento de la plantación, las plantas tenían una corona mayor a 1.0 cm de diámetro y longitud de raíz de 10.0 cm aproximadamente. Dos meses después de la plantación se aplicó de forma semanal una solución Steiner compuesta de $CaNO_3$, KNO_3, MKP, $MgSO_4$, KSO_4, $(NH_4)_2SO_4$ y una fórmula de Tradecorp® como fuente principal de micro-elementos. La solución nutritiva contaba con una conductividad eléctrica (CE) de 0.5 dS m^{-1} al inicio de la plantación hasta llegar a una CE de 1.5 dS m^{-1} en producción de fruta.

Tratamientos y diseño experimental

Se probaron tres métodos de tratamiento de los sustratos, dos sustratos y dos cultivares bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 × 2 × 2. Cada uno de los 12 tratamientos contó con 20 repeticiones y la unidad experimental fue una planta en una maceta de 5 L. Los métodos de tratamiento de los sustratos consistieron en: a) testigo sin desinfección ni inoculación, b) desinfección química con metam sodio (MS) y c) inoculación con micorrizas. Para la desinfección química se utilizó un producto comercial con 42.5 % de MS como ingrediente activo y 57.5 % de diluyente, aplicado a una dosis de 1.0 L m^{-3} diluidos en 10 L de agua corriente. Para la inoculación con micorrizas se utilizaron 20 g de inóculo (10 g mezclados en el sustrato y 10 g directo a raíz, inoculando 350 esporas totales contenidas en 20 g de *Funneliformis mosseae* por unidad experimental al momento del trasplante.

El inóculo fue aislado en 2012 de la rizósfera de suelo de un huerto de mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio

de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. Las esporas se extrajeron al pasar una suspensión de 100 g de suelo seco por una serie de tamices graduados (Gerdemann y Nicolson, 1963); se verificó su taxonomía con base en los criterios de Schenck y Pérez (1990) para constatar la pureza de *F. mosseae*, la cual fue mayor al 95 % y sus esporas lucían intactas, con contenido lipídico visible, indicativo de un estado vital saludable (Walker, 1992). Con respecto a los dos tipos de sustrato, uno fue a base de peat-moss y perlita en una relación 1:1 con un pH de 3.4-4.10, mientras que el otro se elaboró a base de composta de ovino, peat-moss y perlita en una relación 2:1:1.

Variables respuesta

Producción de fruto

La cosecha fue a partir del 3 de octubre de 2013 y finalizó el 23 de marzo de 2014. Los frutos se cosecharon manualmente cada semana, localizando aquellos en etapa de madurez comercial (3/4 de coloración roja en epidermis). En cada recolección se registró el número y peso de frutos por planta con una balanza digital (Ohaus®, Modelo LS200, Parsipanny-Troy Hills, Nueva Jersey, EUA); al final se obtuvo el rendimiento de fruto acumulado por planta. Para esta variable, se utilizaron cinco repeticiones.

Distribución y acumulación total de materia seca

Se realizó un muestreo destructivo al final del experimento (9 de abril del 2014, 405 días después del trasplante) en el cual se evaluaron cinco repeticiones (plantas) por tratamiento, cada una fue separada en hojas, corona (tallo) y raíz. El peso seco de fruto se determinó inmediatamente después de la recolección de cada corte semanal durante el periodo de cosecha. Estas estructuras se sometieron a secado a 70 °C hasta alcanzar peso constante en una estufa (Modelo Blue M Pom-246F, White Deer, Pennsylvania, EUA). El peso seco de cada órgano se registró en una balanza digital (Ohaus® Modelo LS200). La materia seca total por planta se obtuvo por la suma de todos los órganos de la planta.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el sistema de análisis estadístico SAS Ver. 9.1 (SAS Institute, 2001). Se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento GLM. Las variables con diferencias significativas entre tratamientos se separaron por medio de una prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del método de tratamiento del sustrato, del sustrato y del cultivar sobre los componentes de rendimiento

El rendimiento por planta varió entre 361 y 410 g/planta y las plantas produjeron de 31 a 34 frutos, con pesos que oscilaron entre 10.6 y 12.8 g, pero ni el tratamiento con metam sodio (MS) ni la inoculación con micorrizas afectaron de manera significativa los componentes de rendimiento (Cuadro 1). El metam sodio aplicado al suelo en el cultivo de fresa es efectivo para disminuir los patógenos del suelo e incrementar el rendimiento y número de frutos, aunque podría reducirse el peso fresco de fruto (Conti *et al*., 2014). La ausencia de efecto del MS sobre las variables de rendimiento podría explicarse por la poca o nula presencia de microrganismos patógenos que se esperaría de la mezcla de materiales estériles como el peat-moss y la perlita; también, aunque la composta se considera biológicamente alta en contenido de microrganismos, es aceptado que la etapa termofílica durante el compostaje asegura la disminución de agentes patógenos, por lo cual se esperaría poca patogenicidad de este material en el sustrato de cultivo.

Las micorrizas, por su parte, han demostrado ser eficientes para incrementar el crecimiento y rendimiento del cultivo al protegerlo de patógenos del suelo por su simbiosis con la raíz de la planta y al coadyuvar en la absorción de minerales (Fan *et al*., 2008; Gosling *et al*., 2006); sin embargo, al igual que con el MS, esta ventaja podría desaparecer en sustratos con baja carga de patógenos como los estudiados y la ventaja en la absorción de minerales podría no darse en cultivos que crecen en sustratos ricos en minerales disponibles para la planta (Alvarado-Raya, 2017), como se esperaría de los sustratos fertilizados con solución nutritiva en este experimento.

Al observar las interacciones de los factores, se encontró significancia en la interacción entre el método de tratamiento del sustrato y tipo de sustrato para rendimiento y número de fruto (Figuras 1a y 1b). Al comparar las medias de las interacciones de cada nivel y de cada factor fue evidente que la inoculación de micorrizas resultó en mayores rendimientos y peso de fruto por planta cuando se cultivó en sustratos sin composta. El pH del sustrato de composta en este experimento alcanzó valores de 7.2 a 7.3, mientras que el del sustrato sin composta tuvo un pH de 3.4 a 4.1. McMillen *et al*. (1998) encontraron que la alcalinidad de un sustrato puede reducir la colonización de la micorriza debido a que inhibe la germinación de esporas y el desarrollo de la hifa en la raíz, lo que provoca disminución en el crecimiento y producción de la planta (Robinson Boyer *et al*., 2016).

Cuadro 1. Componentes de rendimiento de dos cultivares de fresa cultivados bajo condiciones de invernadero en maceta con sustratos tratados con metam sodio o inoculados con micorrizas antes de la plantación en Montecillo, Estado de México.

Factores y niveles	Rendimiento (g/planta)	Frutos por planta	Peso de fruto (g/fruto)
Tratamientos pre-plantación de sustrato (TP)			
Testigo	392.28 a	34.10 a	11.73 a
Metam sodio	361.57 a	31.60 a	11.72 a
Micorriza	379.74 a	32.75 a	11.63 a
Sustratos (S)			
Peat + moss + perlita (1:1)	388.72 a	32.87 a	12.12 a
composta + Peat + moss + perlita (2:1:1)	367.00 a	32.77 a	11.27 b
Cultivares (C)			
Festival	345.50 b	32.93 a	10.59 b
Zamorana	410.23 a	32.70 a	12.79 a
Interacciones			
C × TP	ns	ns	ns
C × S	*	*	ns
TP × S	**	*	ns
C × TP × S	ns	ns	ns

Medias con letras iguales dentro de la misma columna y factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). ns: no significativo, *: significativo a P ≤ 0.05, **: significativo a P ≤ 0.01.

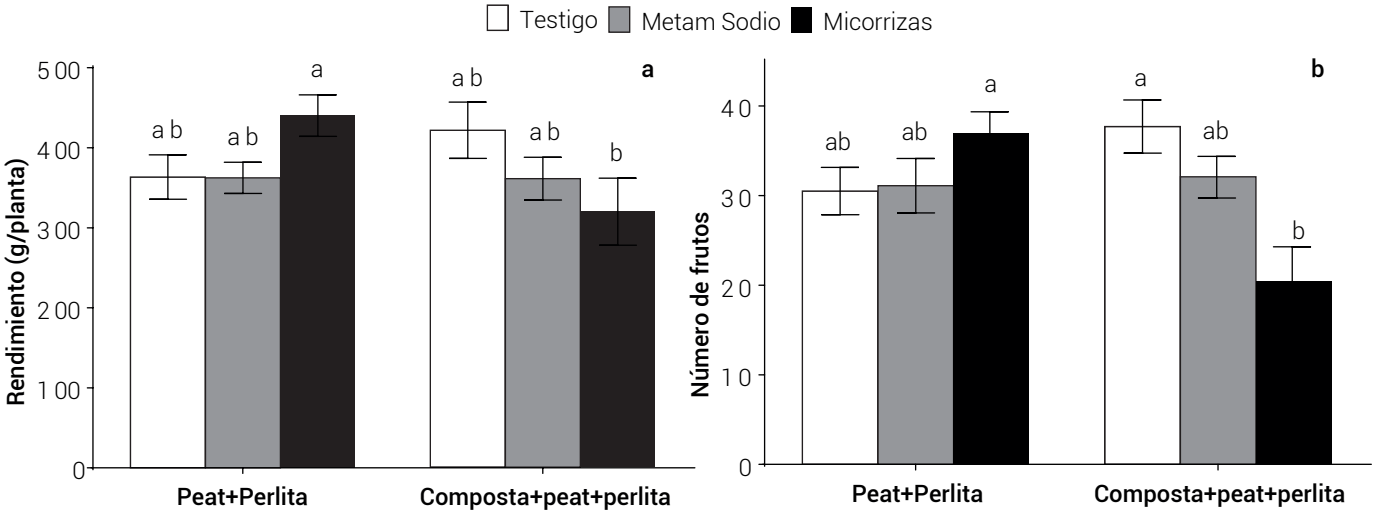


Figura 1. Efecto de la interacción de tratamiento de desinfección/inoculación × sustrato en a) rendimiento acumulado, b) número de frutos, en dos cultivares de fresa crecidos en sustratos tratados con metam sodio o micorrizas bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre tratamientos muestran diferencias significativas (Tukey, P ≤ 0.05).

El tipo de sustrato afectó de manera significativa al peso de fruto, el cual fue mayor cuando no se utilizó composta en el sustrato (Cuadro 1). Existen reportes que mencionan que el rendimiento de fresa y el número de fruto por planta se ve incrementado cuando se adiciona composta o vermicomposta al suelo o sustrato (Alvarado *et al*., 2014; Arancon *et al*., 2004; Hammad *et al*., 2014); sin embargo, otros estudios mencionan que la adición de composta en el cultivo de fresa disminuye su rendimiento (Abu-Zhara y Tahboub, 2008) y peso fresco en fruto (Alvarado *et al*., 2014). Se debe considerar que el uso de composta en el sustrato podría disminuir, incrementar o no afectar el rendimiento del cultivo, lo cual va a depender del tipo de composta usada ya que puede diferir en propiedades físicas, químicas y biológicas (Lloyd *et al*., 2016).

Con respecto a los cultivares, Zamorana tuvo un rendimiento y peso de fruto significativamente superior a Festival (Cuadro 1). Zamorana prosperó en los dos sustratos estudiados, pero en el sustrato con composta el rendimiento fue superior a Festival (Figura 2). El mayor peso de fruto y rendimiento en Zamorana se debió al incremento en materia seca de fruto (Cuadro 2), cuya acumulación es un parámetro altamente relacionado con la producción (Fernandez *et al*., 2001).

Efecto del método de tratamiento del sustrato, del sustrato y del cultivar sobre la acumulación de materia seca

La aplicación de MS y la inoculación con micorriza no afectaron la distribución de materia seca dentro de la planta; la adición de composta al sustrato redujo la materia seca acumulada en hoja, raíz y materia seca total. En comparación con Festival, Zamorana tuvo menor materia seca acumulada en corona, pero mayor materia seca acumulada en fruto (Cuadro 2). Los fumigantes químicos pueden incrementar el crecimiento vegetativo (raíz) de frambuesa (*Rubus idaeus*) debido a la disminución de la población de patógenos del suelo (López-Aranda *et al*., 2016b). De igual manera, la inoculación con micorrizas en fresa mejora significativamente el peso seco de la hoja (Castellanos-Morales *et al*., 2012) y el peso seco de raíz (Li *et al*., 2010; Matsubara *et al*., 2009); sin embargo, en sustratos con baja carga de patógenos, como los utilizados en esta investigación, la utilización de estos tratamientos resultó innecesaria. En lo que respecta al efecto del sustrato en la acumulación de materia seca, los pesos secos de la hoja, raíz, tallo y fruto de fresa se incrementan al adicionar composta o derivados de vermicomposta en el suelo o el sustrato de crecimiento (Alvarado *et al*., 2014; Arancon *et al*., 2004; Hammad *et al*., 2014); en cambio, Abu-Zahra y Tahboub (2008) no encontraron diferencias significativas en el peso seco de planta de fresa cuando utilizaron diferentes compostas (ovino, avícola y bovino). Es necesario señalar que el efecto benéfico de la composta en cultivos como el de fresa depende de su origen y del tipo de composta que se utiliza (Lloyd *et al*., 2016).

Se observaron interacciones significativas entre los efectos de sustrato y tratamiento de sustrato antes de plantación, éstos afectaron la acumulación de materia

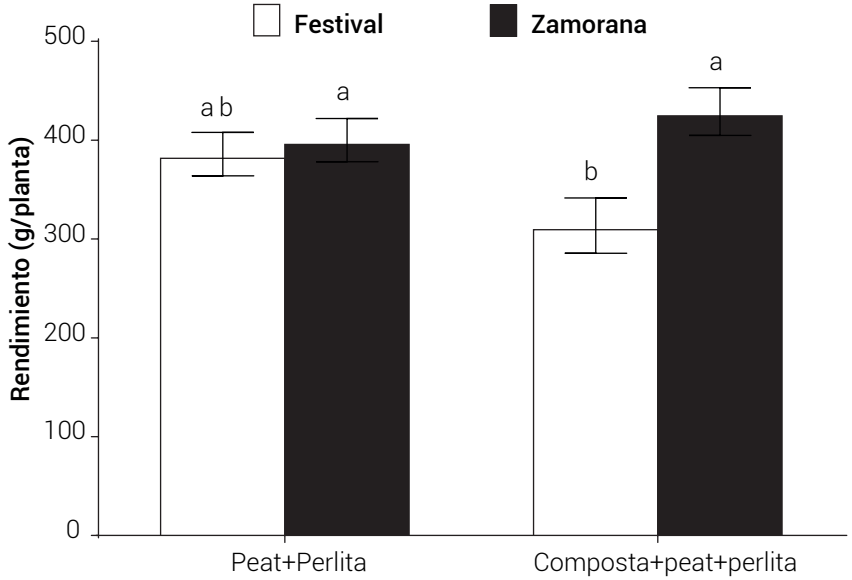


Figura 2. Efecto de la interacción cultivar × sustrato en el rendimiento acumulado de fresa cultivada en sustratos tratados con metam sodio o micorrizas bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre tratamientos muestran diferencias significativas (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 2. Acumulación de materia seca (g) total y por órgano de dos cultivares de fresa cultivados bajo condiciones de invernadero, en maceta y con sustratos tratados con metam sodio o inoculados con micorrizas antes de la plantación en Montecillo, Estado de México.

Factores y niveles	Hoja	Raíz	Corona	Fruto	Total
Tratamientos Pre-plantación de Sustrato (TP)					
Testigo	9.79 a	4.67 a	6.82 a	34.38 a	55.65 a
Metam sodio	10.59 a	4.95 a	6.91 a	31.84 a	54.30 a
Micorriza	11.05 a	4.33 a	6.08 a	33.30 a	54.78 a
Sustratos (S)					
Peat + moss + perlita (1:1)	11.34 a	6.04 a	6.98 a	34.16 a	58.52 a
Composta + Peat + moss + perlita (2:1:1)	9.61 b	3.26 b	6.22 a	32.18 a	51.28 b
Cultivares (C)					
Festival	10.88 a	5.06 a	7.21 a	30.38 b	57.09 a
Zamorana	10.07 a	4.23 a	5.99 b	35.96 a	52.71 a
Interacciones					
C × TP	ns	ns	ns	ns	ns
C × S	ns	ns	**	*	*
TP × S	*	ns	ns	**	**
C × TP × S	ns	ns	ns	ns	ns

Medias con letras iguales dentro de la misma columna y factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). ns: no significativo, *: significativo a P ≤ 0.05, **: significativo a P ≤ 0.01.

seca de hoja, de fruto y total de la planta (Cuadro 2). Al analizar las combinaciones de los factores, se observó que la inoculación de micorrizas al sustrato incrementó de manera significativa la materia seca de hoja, fruto y total cuando no hubo composta en el sustrato (Figuras 3a, 3b y 4); en este sentido, Alvarado-Raya (2017) encontró que el efecto promotor de crecimiento que las micorrizas pueden tener en plántulas de durazno (*Prunus persica*) se diluye cuando se comparan plantas inoculadas o no con micorrizas, mientras crecen en sustratos con compostas.

En relación con los cultivares, se observó significancia del efecto de interacción entre cultivar y sustrato sobre la acumulación de materia seca en corona, fruto y total de la planta (Cuadro 2). Lo anterior resultó de la mayor acumulación de materia seca en las coronas de Festival en comparación con las de Zamorana cuando crece en el sustrato sin composta (Figura 5a), lo que contrasta con la mayor acumulación de materia seca en fruto de Zamorana cuando se cultivó en los sustratos con composta (Figura 5b). El hecho que Zamorana haya acumulado más materia seca en su fruto, lo ubica como un cultivar con mejor potencial que Festival para producción en sustratos, en maceta y bajo condiciones de invernadero.

CONCLUSIONES

La aplicación de metam sodio y la inoculación de micorriza a los sustratos, previo a la plantación, no tuvieron efecto significativo sobre los componentes de rendimiento ni sobre la distribución de materia seca en la planta de fresa, por lo que estos tratamientos no son necesarios para producir fresa en los sustratos estudiados. La adición de composta al sustrato disminuyó el peso seco de la raíz y el peso seco total de la planta, así como el peso fresco de fruto, pero no afectó el rendimiento total de la planta; únicamente en plantas inoculadas con micorrizas la composta en el sustrato resultó en un menor peso seco de hoja y fruto, así como menos frutos por planta, lo que se tradujo en un menor rendimiento por planta. Zamorana fue el cultivar más productivo y con un mayor peso fresco de fruto comparado con Festival, por lo que el primero tiene mejor potencial para cultivarse en sustratos.

BIBLIOGRAFÍA

Abu-Zahra T. R. and A. Tahboub (2008) Effect of organic matter sources on chemical properties of the soil and yield of strawberry under organic farming conditions. *World Applied Sciences Journal* 5:383-388.

Alvarado H., M. Tavera, G. Mena, G. Calderón, R. López y E. Salinas (2014) Crecimiento y producción de fresa *(Fragaria* × *ananassa* Duch.) en sustratos a base de compostas. *In*: Tópicos Selectos de

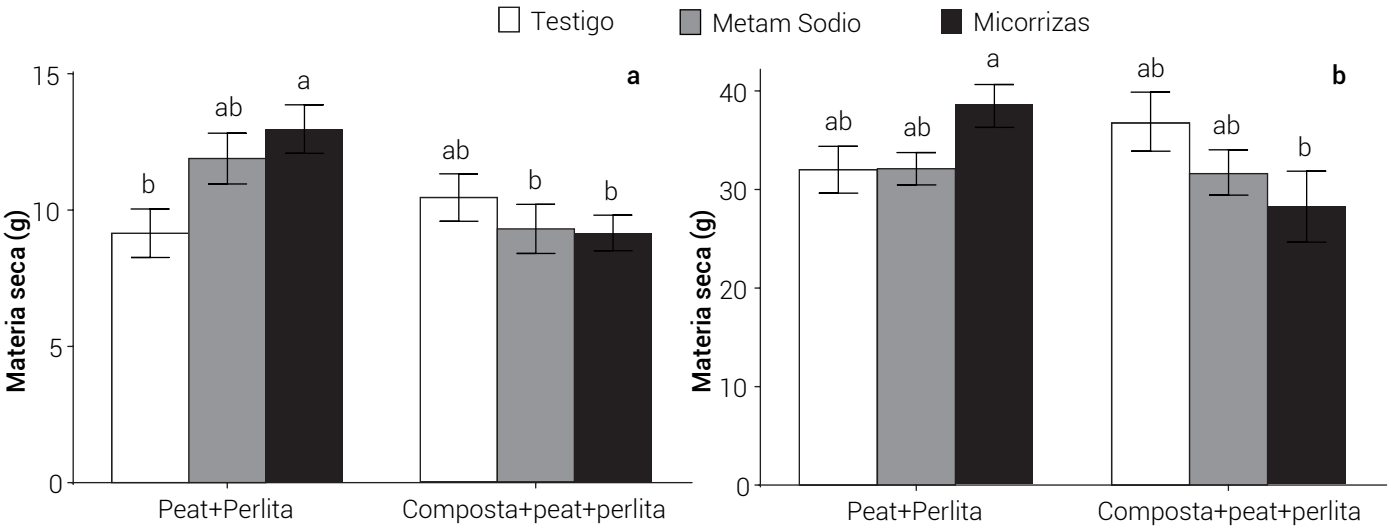


Figura 3. Efecto de la interacción de tratamiento de desinfección/inoculación × sustrato en acumulación de materia seca en a) hoja y b) fruto de dos cultivares de fresa cultivados en sustratos tratados con metam sodio o micorrizas bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre tratamientos muestran diferencias significativas mediante la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

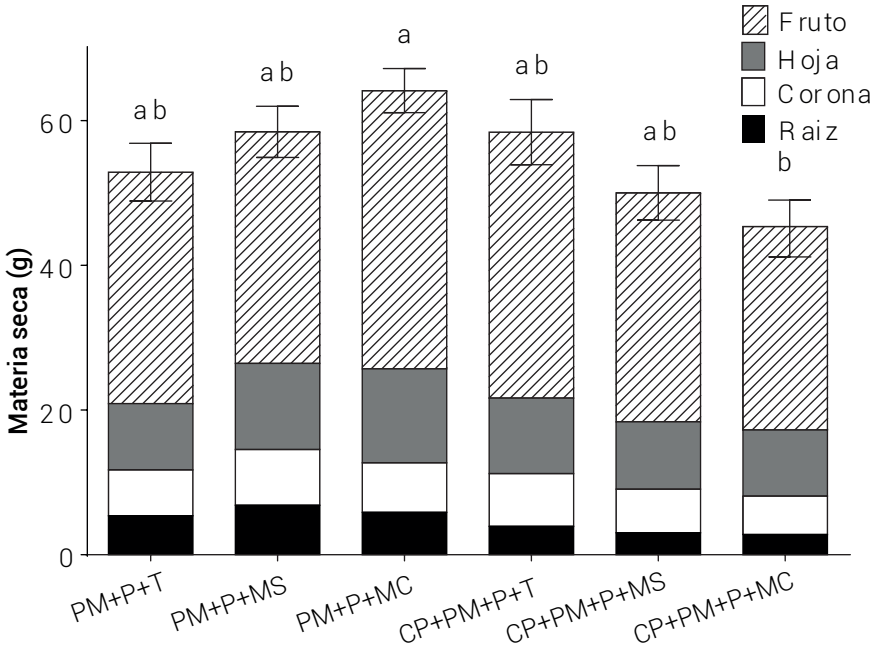


Figura 4. Efecto de la interacción de tratamiento de desinfección/inoculación × sustrato en acumulación de materia seca total de dos cultivares de fresa cultivados en sustratos tratados con metam sodio o micorrizas bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre tratamientos muestran diferencias significativas (Tukey, P ≤ 0.05). PM: peat-moss; P. perlita; CP. composta; T: testigo; MS: metam sodio; MC: micorrizas.

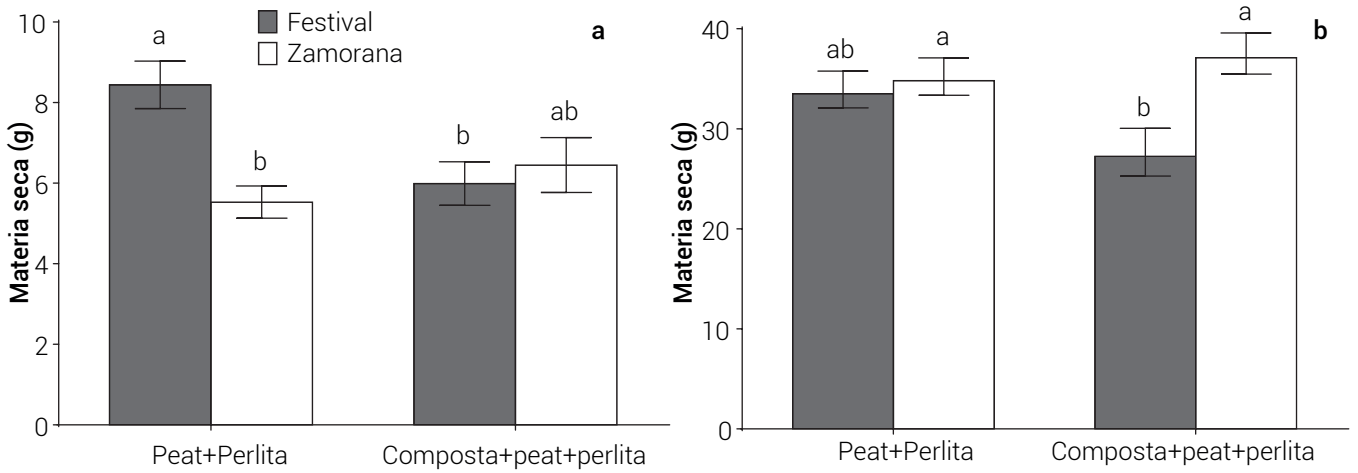


Figura 5. Efecto de la interacción cultivar × sustrato en acumulación de materia seca en a) corona y b) fruto de dos cultivares de fresa crecidos en sustratos tratados con metam sodio o micorrizas bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. Letras distintas entre tratamientos muestran diferencias significativas (Tukey, P ≤ 0.05).

Recursos. Volumen V. Desarrollo Sustentable y Finanzas. M. Ramos, M. Tavera, J. Quintanilla, G. Chaparro y F. Iglesias (eds.). ECORFAN-Bolivia..Sucre, Bolivia. pp:50-63,

Alvarado-Raya H. E. (2017) Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost. *Tecnociencia Chihuahua* 11:48-57.

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 Technology* 93:145-153, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014

Baslam M., R. Esteban, J. I. García-Plazaola and N. Goicoechea (2013) Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of major carotenoids, chlorophylls and tocopherol in green and red leaf lettuces. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97:3119-3128, https://doi.org/10.1007/s00253-012-4526-x

Camprubí A., V. Estaún, M. A. El Bakali, F. Garcia-Figueres and C. Calvet (2007) Alternative strawberry production using solarization, metham sodium and beneficial soil microbes as plant protection methods. *Agronomy for Sustainable Development* 27:179-184, https://doi.org/10.1051/agro:2007007

Castellanos-Morales V., J. Villegas-Moreno, H. Vierheilig and R. Cárdenas-Navarro (2012) Nitrogen availability drives the effect of *Glomus intraradices* on the growth of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92:2260-2264, https://doi.org/10.1002/jsfa.5618

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, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.015

Fan Y., Y. Luan, L. An and K. Yu (2008) Arbuscular mycorrhizae formed by *Penicillium pinophilum* improve the growth, nutrient uptake and photosynthesis of strawberry with two inoculum-types. *Biotecnology Letters* 30:1489-1494, https://doi.org/10.1007/s10529-008-9691-8

Fernandez G. E., L. M. Butler and F. J. Louws (2001) Strawberry growth and development in an annual plasticulture system. *HortScience* 36:1219-1223, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.7.1219

Gerdemann J. W. and T. H. Nicolson (1963) Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46:235-244, https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0

Goodhue R. E., S. A. Fennimore and H. A. Ajwa (2005) The economic importance of methyl bromide: Does the California strawberry industry qualify for a critical use exemption from the methyl bromide ban? *Applied Economic Perspectives and Policy* 27:198-211, https://doi.org/10.1111/j.1467-9353.2005.00221.x

Gosling P., A. Hodge, G. Goodlass and G. D. Bending (2006) Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystem & Environment* 113:17-35, https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.009

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, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.57

Koron, D., S. Sonjak and M. Regvar (2014) Effects of non-chemical soil fumigant treatments on root colonization with arbuscular mycorrhizal fungi and strawberry fruit protection. *Crop Protection* 55:35-41, https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.09.009

Lanzi A., L. Incrocci, R. Pulizzi, A. Pardossi and P. Marzialetti (2009) Evaluation of some peat-alternative substrates in horticultural crops. *Acta Horticulturae* 807:553-558, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.81

Li Y., A. Yanagi, Y. Miyawaki, T. Okada and Y. Matsubara (2010) Disease tolerance and changes in antioxidative abilities in mycorrhizal strawberry plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 79:174-178, https://doi.org/10.2503/jjshs1.79.174

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, https://doi.org/10.1080/15538362.2012.697024

Lloyd M., D. Kluepfel and T. Gordon (2016) Evaluation of four commercial composts on strawberry plant productivity and soil characteristics in California. *International Journal of Fruit Science* 16:84-107, https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1239562

López-Aranda J. M., F. Gómez, M. Puga, R. Zamora, O. Daugovish and M. A. Cotero (2016a) Chemical soil fumigation for strawberry nursery in Jalisco (Mexico): 2013–2014 Results of Semarnat/Unido Project. *International Journal of Fruit Science* 16:16-27, https://doi.org/10.1080/15538362.2016.1199994

López-Aranda J. M., F. Gómez, M. Puga, R. Zamora, O. Daugovish and M. A. Cotero (2016b) Chemical soil fumigation for raspberry nursery in Jalisco (Mexico). *Journal of Berry Research* 6:37-46, https://doi.org/10.3233/JBR-150112

Matsubara Y., T. Ishigaki and K. Koshikawa (2009) Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 119:392-396, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.025

McMillen B. G., S. Juniper and L. K. Abbott (1998) Inhibition of hyphal growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus in soil containing sodium chloride limits the spread of infection

from spores. *Soil Biology and Biochemistry* 30:1639-1646, https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00204-6

Montoya-Martínez A. C., G. Rincón-Enríquez, P. Lobit, L. López-Pérez and E. E. Quiñones-Aguilar (2019) Native arbuscular mycorrhizal fungi from the rhizosphere of *Agave cupreata* and their effect on *Agave tequilana* growth. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:429-438, https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.429-438

Pandey A. K., H. White and G. K. Podila (2007) Functional genomic approaches for micorrhizal research. *In*: Advanced Techniques in Soil Microbiology. A. Varma and R. Oelmüller (eds.). Springer. New York, USA. pp:17-33.

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*. *Biological Control* 56:115-124, https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.10.002

Robinson Boyer L., W. Feng, N. Gulbis, K. Hajdu, R. J. Harrison, P. Jeffries and X. Xu (2016) The use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve strawberry production in coir substrate. *Frontiers in Plant Science* 7:1237, https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01237

SAS Institute (2001) SAS/STAT® 9.1. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5121 p.

Schenck N. C. and Y. Pérez (1990) Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. 3rd edition. Synergistic Publications. Gainesville, Florida, USA. 286 p.

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* × *ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 124:34-39, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.002

Walker C. (1992) Systematic and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales)- a possible way forward. *Agronomie* 12:887-897, https://doi.org/10.1051/agro:19921026