

# COMBINACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA, INORGÁNICA Y HONGOS MICORRÍZICOS PARA MEJORAR CALIDAD DE LOS FRUTOS DE FRESA (*Fragaria* × *ananassa* Duch)

## COMBINING ORGANIC, INORGANIC AND MYCORRHIZAL FUNGI FERTILIZATION TO IMPROVE THE QUALITY OF STRAWBERRIES (*Fragaria* × *ananassa* Duch)

Viridiana **García-Castellanos**<sup>1</sup>, Enrique **Becerril-Román**<sup>1</sup>, Crescenciano **Saucedo-Veloz**<sup>1\*</sup>, Ciro **Velazco-Cruz**<sup>1</sup>, Guillermo **Calderón-Zavala**<sup>1</sup>, Vicente **Espinosa-Hernández**<sup>1</sup>, David **Jaén-Contreras**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo. Texcoco, México. C. P. 56230. (sauveloz@colpos.mx).

### RESUMEN

La fresa *Fragaria* × *ananassa* Duch es importante en el mundo por su volumen de producción comercial y sabor característico. Sin embargo, factores ambientales y tecnologías de producción, entre las que destacan los programas de fertilización mineral, afectan su calidad organoléptica y nutricional de forma significativa. El objetivo de esta investigación fue encontrar una fórmula de fertilización orgánica/inorgánica para incrementar el potencial de calidad organoléptica de frutos de fresa-mexicana cv. Zamorana. La hipótesis fue que los sistemas de fertilización orgánica o inorgánica usados en la planta no afectan las características de la calidad de frutos. Los tratamientos de fertilización fueron: Químico, Químico-Orgánico 1°, Orgánico 1°, Químico-Orgánico 2°, Orgánico 2°, y Químico-Micorriza 3°, aplicados cada uno en tres plantas en un diseño completo al azar con arreglo factorial 3×6. De las tres plantas se cosecharon frutos en estado ¾ Rojo, en los cuales se determinó: contenido de N, P K y Ca, biomasa de fruto, sólidos solubles totales (SST), Acidez Titulable (AT) y contenido de vitamina C; además se calculó el índice SST/AT. Los resultados se analizaron con ANDEVA y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) con SAS 9.4. Los frutos con fertilización orgánica presentaron contenido mayor de N y P, además los SST y la relación SST/AT fueron elevados, en comparación a la fertilización inorgánica. La fertilización inorgánica combinada con micorrizas aumentó la concentración de K y Ca y también repercutió en la firmeza de los frutos. La combinación química y orgánica favoreció tamaño de fruto; en tanto que la AT y contenido de vitamina C no difirieron significativamente entre los tratamientos.

### ABSTRACT

The strawberry *Fragaria* × *ananassa* Duch has a worldwide importance owing to its commercial production volume and characteristic taste. However, environmental factors and production technologies —most noteworthy, mineral fertilization programs— significantly affect its organoleptic and nutritional quality. The objective of this research was to find an organic/inorganic fertilization formula that increases the organoleptic quality potential of Mexican strawberry cv. Zamorana. The hypothesis was that the organic or inorganic fertilization systems used in the plant do not affect the characteristics of the fruit quality. The fertilization treatments were: Chemical, Chemical-Organic 1°, Organic 1°, Chemical-Organic 2°, Organic 2°, and Chemical-Mycorrhiza 3°; each treatment was applied in three plants in a completely randomized design with a 3×6 factorial arrangement. Fruits in ¾ red state were harvested from the three plants and in this fruits, the following characteristics were determined: N, P, K, and Ca content, fruit biomass, total soluble solids (SST), Titratable Acidity (AT) and vitamin C content; additionally, the SST/AT index was calculated. The results were analyzed with ANOVA and Tukey's multiple comparison test ( $p \leq 0.05$ ), using SAS 9.4. Fruits with organic fertilization had higher N and P content; in addition, the SST and the SST/AT ratio were higher than in inorganic fertilization. Inorganic fertilization combined with mycorrhizae increased the K and Ca concentration and also affected the firmness of the fruits. The chemical and organic combination contributed to increase the size of the fruit; meanwhile, the AT and vitamin C content were not significantly different between treatments.

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: octubre, 2018. Aprobado: marzo, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 53: 1247-1255. 2019.

**Keywords:** *Fragaria* × *ananassa*, ¾ red state, firmness, SST/AT ratio, vitamin C.

**Palabras clave:** *Fragaria* × *ananassa*, madurez  $\frac{3}{4}$  rojo, firmeza, relación SST/AT, vitamina C.

## INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) es un cultivo con importancia comercial nacional e internacional. La producción y calidad de fruto dependen de factores que se manifiestan en la cosecha y durante su manejo postcosecha. Estos factores se relacionan entre sí, dependen de la propia planta y son la integración del flujo de energía, agua y nutrientes; otros son de carácter genético, ambiental y de manejo del cultivo. Entre los componentes de los sistemas de producción de fresa con influencia directa en el rendimiento y calidad, está el aporte de macro y micronutrientes. Estos pueden proporcionarse con programas de fertilización en sistemas de producción en suelo o hidropónicos en condiciones de campo o protegidas (Trejo-Téllez y Gómez-Merino, 2014).

Trejo-Téllez y Gómez-Merino (2014), Dodocoiu y Matei (2015) y Pokhrel *et al.*, (2015) documentaron la relación entre la concentración de macro y micro nutrientes, y la calidad organoléptica, nutricional, nutracéutica y vida postcosecha en diversos cultivares de fresa. Los factores importantes son, la influencia de calcio en la firmeza; sólidos solubles totales (SST) y firmeza menores por nitrógeno en contenidos altos; influencia de boro y molibdeno en el contenido de vitamina C y azúcares (Trejo-Téllez y Gómez-Merino, 2014). Además de la fertilización inorgánica, el uso de abonos orgánicos de origen animal o vegetal, vermicomposta, biofertilizantes y microorganismos, son alternativas para el aporte de macro y micronutrientes (Aguilar-González *et al.*, 2015).

La calidad de frutos de fresa se define por su tamaño, forma, color, sabor, firmeza, aroma y contenido de compuestos antioxidantes, destacando entre estos el contenido de antocianinas, compuestos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico (Gil *et al.*, 1997). Otros estudios han revelado que las fresas cultivadas orgánicamente proporcionan frutos con mejor calidad organoléptica, respecto a los frutos provenientes de plantas fertilizadas inorgánicamente. Reganold *et al.* (2010) determinaron un contenido mayor de sólidos solubles totales y de materia seca en los cultivares Diamante, San Juan y Lamai producidas con un sistema orgánico, respecto al inorgánico. Sin embargo, Hargreaves *et al.* (2008), con estos mismos sistemas de producción en

## INTRODUCTION

Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) is a crop with domestic and international commercial importance. Fruit production and quality depend on factors that operate during the harvest and post-harvest handling. These factors are related to each other, depend on the plant itself, and integrate energy flow, water, and nutrients; others have genetic, environmental, and crop management features. The contribution of macro and micronutrients is one of the components of strawberry production systems that directly influence performance and quality. These components can be provided through fertilization programs in soil or hydroponic production systems, under field or protected conditions (Trejo-Téllez and Gómez-Merino, 2014).

Trejo-Téllez and Gómez-Merino (2014), Dodocoiu and Matei (2015), and Pokhrel *et al.* (2015) documented the relationship between the concentration of macro and micro nutrients and the organoleptic, nutritional, nutraceutical, and post-harvest life quality in several strawberry cultivars. The important factors include: the influence of calcium on firmness; total soluble solids (SST); and lower firmness as a consequence of high nitrogen contents; and the influence of boron and molybdenum on the content of vitamin C and sugars (Trejo-Téllez and Gómez-Merino, 2014). In addition to inorganic fertilization, the use of organic fertilizers of animal or plant origin—such as vermicomposts, biofertilizers, and microorganisms—is an alternative for the contribution of macro and micronutrients (Aguilar-González *et al.*, 2015).

The quality of strawberries is defined by their size, shape, color, taste, firmness, aroma, and content of antioxidant compounds—including the content of anthocyanins, phenolic compounds, flavonoids, and ascorbic acid (Gil *et al.*, 1997). Other studies have revealed that the fruits of organically grown strawberries have better organoleptic quality than fruits from inorganically fertilized plants. Compared to inorganic systems, Reganold *et al.* (2010) found a higher content of total soluble solids and dry matter in Diamante, San Juan, and Lamai cultivars produced in an organic system. However—with these same production systems in cv. Saber—, Hargreaves *et al.* (2008) did not observe significant differences in these quality components.

el cv. Sable, no observaron diferencias significativas en dichos componentes de la calidad.

Olsson *et al.* (2006) determinaron que las fresas producidas orgánicamente presentan contenido mayor de compuestos antioxidantes, incluyendo fenoles totales, ácido elálgico y flavonoides, respecto a los de fertilización convencional. Pero Hakkinen y Terronen (2000) observaron efectos no consistentes en los niveles de antioxidantes en frutos producidos con ambos sistemas.

Por lo anterior, el efecto benéfico de los sistemas de fertilización orgánica, respecto a la inorgánica en la calidad de frutos de fresa, depende de diversos factores, entre ellos el cultivar. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de seis sistemas de fertilización en la calidad de frutos de fresa cv. Zamorana. La hipótesis fue que los programas de fertilización de tipo orgánico, inorgánico o sus combinaciones no afectan biomasa de fruto (BF), firmeza de la pulpa (FP), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), relación SST/AT y contenido de vitamina C (VC), en *F. × ananassa* cv. Zamorana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de la fertilización inorgánica y orgánica en fresa se realizó en un invernadero del Campo Experimental Frutícola del Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, en Texcoco, México (19° 29' N, 98° 54' O, altitud 2250 m), con un clima templado, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, precipitación pluvial anual promedio de 572.25 mm y temperatura media anual de 15.3 °C (García, 1988). La temperatura promedio durante el periodo de evaluación del cultivo fue 26.1 °C.

Para la producción de fresas, tres plantas por tratamiento se colocaron en bolsas de polietileno de 30×40 cm (7.85 L) con sustrato comercial tezontle con granulometría de 5 mm. Para mantener la humedad del sustrato cercana a capacidad de campo, el riego se suministró diario por sistema de goteo en cantidad de 1.5 L h<sup>-1</sup> por planta. Los tratamientos de fertilización establecidos se describen en el Cuadro 1. La composta y los hongos micorrizicos se aplicaron una sola vez al momento del trasplante. Los fertilizantes químicos se aplicaron una vez por semana a partir de 92 y hasta 156 d después del trasplante. La cepa de hongos micorrizicos empleada fue *Funneliformis mosseae*, cuyo inóculo se propagó antes, durante tres meses, en macetas con plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) como planta hospedera (65% de colonización); se contaron 35 esporas g<sup>-1</sup> de suelo seco.

Para la evaluación de la calidad, 150 frutos en madurez de ¾ de color rojo se cosecharon al azar. Después los frutos de fresa

Olsson *et al.* (2006) determined that organically produced strawberries have a higher content of antioxidant compounds—including total phenols, ellagic acid, and flavonoids—than those of conventional fertilization. However, Hakkinen and Terronen (2000) observed non-consistent effects on antioxidant levels in fruits produced with both systems.

Therefore, the beneficial effect of organic fertilization systems—with respect to inorganic strawberry fruit quality—depends on various factors (including cultivation). Consequently, the objective of this study was to evaluate the effect of six fertilization systems in the quality of strawberry cv. Zamorana fruit. The hypothesis was that organic, inorganic, or combined fertilization programs do not affect fruit biomass (BF), pulp firmness (FP), total soluble solids (SST), titratable acidity (AT), SST/AT ratio, and vitamin C content (VC), in *F. × ananassa* cv. Zamorana.

## MATERIALS AND METHODS

The evaluation of inorganic and organic fertilization in strawberry was carried out in a greenhouse of the Campo Experimental Frutícola - Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Texcoco, Mexico (19° 29' N, 98° 54' W, 2250 m altitude), with the driest of sub-humid temperate climates, summer rains, 572.25 mm average annual precipitation, and 15.3 °C annual average temperature (García, 1988). The average temperature during the crop evaluation period was 26.1 °C.

For the strawberry production, three plants per treatment were placed in 30×40 cm polythene bags (7.85 L) with a tezontle commercial substrate with a 5 mm granulometry. A drip irrigation system (1.5 L h<sup>-1</sup> per plant) was used to keep the substrate moisture close to field capacity. The established fertilization treatments are described in Table 1. Compost and mycorrhizal fungi were applied only once (transplantation). Chemical fertilizers were applied once a week from 92 to 156 d after transplantation. The strain of mycorrhizal fungi used was *Funneliformis mosseae*, whose inoculum was propagated during the three previous months, in pots with sorghum plants (*Sorghum bicolor* L.) as a host plant (65% colonization); 35 g<sup>-1</sup> spores of dry soil were counted.

For quality assessment, 150 fruits of ¾ red state were randomly harvested. Then, the strawberry fruits of each treatment were evaluated based on their firmness degree (GF), total soluble solids content (SST), titratable acidity (AT), SST/AT ratio as taste index, vitamin C (VC), fruit biomass (BF), and nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), and calcium (Ca) content.

**Cuadro 1.** Tratamientos de fertilización química, orgánica y químico/orgánica.**Table 1.** Chemical, organic, and chemical/organic fertilization treatments.

Identificador / Tratamiento de fertilización		Descripción
Quí	Químico	Solución Steiner al 50% en suelo + 4 ml L <sup>-1</sup> Bayfolan® vía foliar
Quí-Org 1° <sup>†</sup>	Químico- Orgánico 1°	Solución Steiner al 50%, 512 g compost de caprino y 10 g inóculo micorriza en suelo + 3 ml L <sup>-1</sup> lixiviado de lombriz y 2 g L <sup>-1</sup> algas marinas vía foliar
Org 1°	Orgánico 1°	10 ml L <sup>-1</sup> Lixiviado de lombriz, 512 g compost de caprino y 10 g inóculo de micorriza en suelo + 3 ml L <sup>-1</sup> extracto de ajo, 2 g L <sup>-1</sup> algas marinas y 2 ml L <sup>-1</sup> Nutrí-Humus® vía foliar.
Quí-Org 2°	Químico-Orgánico 2°	Solución Steiner al 50%, 512 g compost de caprino y 15 g inóculo de micorriza en suelo + 3 ml L <sup>-1</sup> lixiviado de lombriz y 2 g L <sup>-1</sup> algas marinas vía foliar
Org 2°	Orgánico 2°	10 ml L <sup>-1</sup> Lixiviado de lombriz, 512 g compost de caprino y 15 g inóculo de micorriza en suelo + 3 ml L <sup>-1</sup> extracto de ajo, 2 g L <sup>-1</sup> algas marinas y 2 ml L <sup>-1</sup> Nutrí-Humus® vía foliar.
Quí-Mico 3°	Químico-Micorriza 3°	Solución Steiner al 50% y 20 g inóculo de micorriza en suelo + 4 ml L <sup>-1</sup> Bayfolan® vía foliar

<sup>†</sup>El grado (°) indica las dosis de aplicación del inóculo de micorriza (1°=10 g, 2°=20 g y 3°=15 g). ❖ <sup>†</sup>The degree (°) indicates the doses in which the mycorrhizal inoculum was applied (1°=10 g, 2°=20 g, and 3°=15 g).

de cada tratamiento se evaluaron por su grado de firmeza (GF), contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), relación SST/AT como índice de sabor, vitamina C (VC), biomasa de fruto (BF) y contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca).

La biomasa de fruto individual se determinó en una muestra de 10 frutos por tratamiento (n=60) con una balanza digital ALSEP EY-2200 y los datos se expresaron en gramos (g) de peso fresco.

La concentración de N, P, K y Ca se determinó en una muestra de cinco frutos por tratamiento (n=30), según la metodología de Microkjeldahl para N (Isaac and Johnson, 1976), de colorimetría para P de acuerdo con el método descrito por AOAC (1980) y de flamometría para K (Chapman and Pratt, 1982). La concentración de K y Ca se cuantificó con un espectrofotómetro de absorción atómica GBC®, modelo Savantaa, y para P se realizaron las lecturas respectivas a 470 nm en un espectrofotómetro Bausch&Lomb® modelo Spectronic 20D.

La firmeza individual se midió en los lados opuestos del diámetro de una muestra de cinco frutos por tratamiento (n=30), usando un Texturómetro modelo FDV-30 con un puntal cónico (Wagner Instruments, CT, USA), y los datos se reportaron en Newton (N). En el jugo de estos mismos frutos se determinó el contenido de SST con el método de la AOAC (1990), se usó un refractómetro Atago modelo Pr-100 (Guangzhou, China) y los valores se reportaron como porcentaje (%SST).

The individual fruit biomass was determined using a sample of 10 fruits per treatment (n=60) with an ALSEP EY-2200 digital scale, and the data were expressed in grams (g) of fresh weight.

The concentration of N, P, K, and Ca was determined using a sample of five fruits per treatment (n=30): for N, according to the micro-Kjeldahl methodology (Isaac and Johnson, 1976); for P, according to the colorimetry method described by AOAC (1980); and for K, according to the flame photometry (Chapman and Pratt, 1982). The concentration of K and Ca was quantified with a GBC® Savantaa atomic absorption spectrophotometer; meanwhile, in the case of P, the respective readings were made at 470 nm on a Bausch & Lomb® Spectronic 20D spectrophotometer.

The individual firmness was measured on the opposite sides of the diameter of a sample of five fruits per treatment (n=30), using an FDV-30 texture analyzer with a conical tip (Wagner Instruments, CT, USA). The data were reported in newtons (N). The content of SST was determined based on the juice of these same fruits with the method of the AOAC (1990), an Atago Pr-100 refractometer (Guangzhou, China) was used and the values were reported as a percentage (% SST).

Another group of five fruits per treatment (n=30) was used to evaluate the titratable acidity, based on the determination of the citric acid content (%) established by the AOAC method (1990). Additionally, the concentration of ascorbic acid (vitamin C) was determined using the 2,6-dichlorophenol indophenol

En otro grupo de cinco frutos por tratamiento ( $n=30$ ) se evaluó la acidez titulable con base en la determinación del contenido de ácido cítrico (%) según el método de la AOAC (1990), además la concentración de ácido ascórbico (Vitamina C) por el método del 2,6-diclorofenol indofenol descrito por la AOAC (2000), y los datos se reportaron como  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ . Con los valores de SST (%) y ácido cítrico (%) se calculó el índice SST/AT.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial y 10 repeticiones por tratamiento para la biomasa de fruto y cinco repeticiones para las demás variables. Cuando hubo efecto significativo ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos, se aplicó la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los datos se procesaron con el programa estadístico SAS 9.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Biomasa de fruto

Los tratamientos correspondientes a la combinación químico y orgánico proporcionaron el mayor tamaño de fruto; sin embargo, el tratamiento Quí-Org 2° alcanzó el mayor tamaño significativo (40.4 g) respecto a los tratamientos Quí, Org 1°, Org 2° y Quí-Mico 3° con 33.1 g (Cuadro 3). Arancon *et al.* (2004) registraron aumentos en el rendimiento y tamaño del fruto en plantas tratadas con vermicompost, lo que coincide con los frutos más grandes que incluyeron el lixiviado de lombriz (Figura 1).

method described by the AOAC (2000). The data were reported as  $100 \text{ g}^{-1} \text{ mg}$ . The SST/AT index was calculated based on the values of SST (%) and citric acid (%).

The experimental design was completely randomized with factorial arrangement; 10 replicates per treatment were applied for the fruit biomass, and five replicates for the remaining variables. When a significant effect ( $p \leq 0.05$ ) between treatments was detected, the Tukey's multiple comparison test ( $p \leq 0.05$ ) was applied. The data was processed with the SAS 9.4 statistical software.

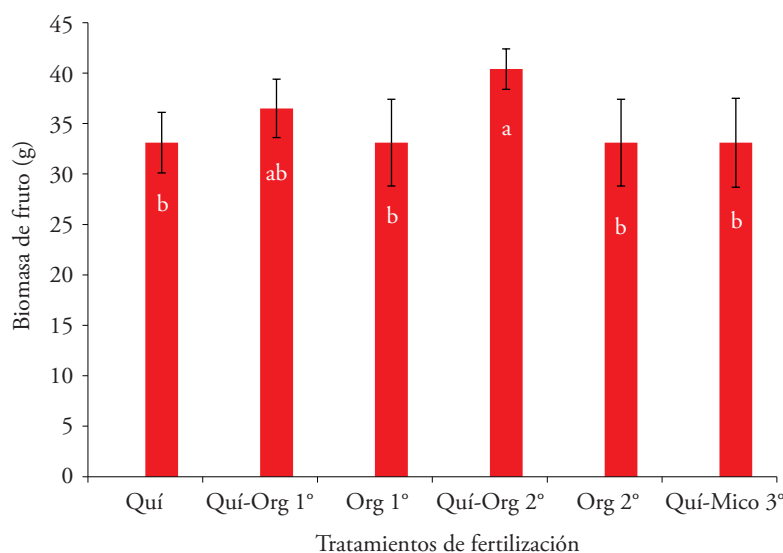
## RESULTS AND DISCUSSION

### Fruit biomass

The chemical-organic combination treatments provided the biggest fruit; nevertheless, the Quí-Org 2° treatment bore the biggest size (40.4 g) as compared to the Quí, Org 1°, Org 2° and Quí-Mico 3° treatments, which reached only 33.1 g (Table 3). Arancon *et al.* (2004) reported increases in fruit yield and size in plants treated with vermicompost, which matches the bigger fruits that included the worm leachate (Figure 1).

### Nutrient content

Strawberry fruits with organic fertilization (Org 1° and Org 2°) had a more balanced content of N, P, K,



**Figura 1.** Biomasa de fruto (g) para cada tratamiento de fertilización. Media  $\pm$  DE para  $n=5$ . Valores con letra diferente son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

**Figure 1.** Fruit biomass (g) for each fertilization treatment. Media  $\pm$  DE for  $n=5$ . Values with different letters are statistically different (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

## Contenido de nutrientes

Los frutos de fresa con fertilización orgánica (Org 1° y Org 2°) presentaron un contenido más equilibrado de las concentraciones de iones N, P, K y Ca, en relación con el tratamiento químico (Quí). Esos tratamientos orgánicos proporcionaron a los frutos mayor contenido de N y P, en tanto que el tratamiento Químico-Micorriza (Quí-Mico 3°) proporcionó más K y Ca (Cuadro 2). Pokhrel *et al.* (2018) y Reganold *et al.* (2010) documentaron que los fertilizantes orgánicos contienen todos los nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta, pero difieren en las concentraciones aportadas.

## Firmeza del fruto

De acuerdo con los resultados (Cuadro 3), los frutos del tratamiento químico-micorrizas (Quí-Mico 3°) presentaron significativamente mayor firmeza (1.6 N) respecto a los tratamientos Quí (0.9 N), Quí-Org 2° (0.8 N) y Org 2° (0.8 N), lo cual se relacionó con un contenido de N menor y Ca mayor en los frutos del tratamiento señalado al inicio. Trejo-Téllez y Gómez-Merino (2014) encontraron efectos de baja firmeza en frutos de fresa, de plantas con fertilización nitrogenada alta, o bien, deficientes en calcio. Esta respuesta estructuralmente se relacionó con mayor tamaño de células y menor contenido de componentes de la pared celular asociados con la firmeza de los frutos (Reganold *et*

and Ca ions concentrations, in regard to the chemical treatment (Quí). These organic treatments bore fruits with a higher content of N and P, while the chemical-mycorrhiza treatment (Quí-Mico 3°) provided more K and Ca (Table 2). Pokhrel *et al.* (2018) and Reganold *et al.* (2010) documented that organic fertilizers contain all the essential nutrients for plant development, but differ in the concentrations provided.

## Firmness of the fruit

According to the results (Table 3), the fruits that underwent the chemical-mycorrhiza treatment (Quí-Mico 3°) presented significantly greater firmness (1.6 N) with respect to the Quí (0.9 N), Quí-Org 2° (0.8 N), and Org 2° (0.8 N) treatments; this higher firmness was related to a lower content of N and a higher content of Ca in the fruits of the treatment initially indicated. Trejo-Téllez and Gómez-Merino (2014) found low firmness effects in the fruits of strawberry plants with high nitrogen fertilization or calcium deficiency. This response was structurally related to a larger cell size and lower content of cell wall components associated with fruit firmness (Reganold *et al.*, 2010). According to Cantliffe *et al.* (2007), the firmness of strawberry fruits increases with organic fertilization strategies; however, in our study, this effect was not observed and the use of mycorrhizae was more effective. Moreira-Salgado *et al.* (2016) also

**Cuadro 2.** Concentración de nutrimentos aportada al fruto por los tratamientos aplicados.  
**Table 2.** Concentration of nutrients provided to the fruit by the treatments applied.

Tratamiento	Concentración de nutrientes (mg g <sup>-1</sup> MS)			
	N	P	K	Ca
Quí	2.30 b <sup>†</sup>	1.07 a	4.64 f	2.06 c
Quí-Org 1°	2.52 ab	0.78 a	4.79 e	2.41 bc
Org 1°	2.75 a	1.50 a	4.93 d	2.46 b
Quí-Org 2°	2.56 ab	0.66 a	5.04 b	2.77 ab
Org 2°	2.70 a	2.34 a	4.99 c	2.46 ab
Quí-Mico 3°	2.30 b	1.09 a	5.16 a	2.96 a

<sup>†</sup>Valores con letra diferente en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). Quí: Fertilización química; Quí-Org 1°: Fertilización química más orgánica con 10 g de HMA; Org 1°: Fertilización orgánica con 10 g de HMA; Quí-Org 2°: Fertilización química más orgánica con 15 g de HMA; Org 2°: Fertilización orgánica con 15 g de HMA; Quí-Mico 3°: Fertilización química con 20 g de HMA. \* Values with different letters in a column are statistically different (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). Quí: Chemical fertilization; Quí-Org 1°: Chemical + organic fertilization with 10 g of HMA; Org 1°: Organic fertilization with 10 g of HMA; Quí-Org 2°: Chemical + organic fertilization with 15 g of HMA; Org 2°: Organic fertilization with 15 g of HMA; Quí-Mico 3°: Chemical fertilization with 20 g of HMA.

**Cuadro 3.** Efecto de la fertilización en la calidad de frutos de fresa cv. Zamorana.**Table 3.** Fertilization effect in the quality of strawberry fruits cv. Zamorana.

Tipo de fertilización	Firmeza (N)	SST (%)	Ac. Cítrico (%)	Relación SST/AT	VC (mg 100 g <sup>-1</sup> )
Quí	0.9 b <sup>†</sup>	9.4 ab	1.0 a	9.4 b	29.8 a
Quí-Org 1°	1.0 ab	8.7 b	0.9 a	9.7 ab	29.7 a
Org 1°	1.0 ab	10.9 a	1.0 a	10.9 a	28.5 a
Quí-Org 2°	0.8 b	9.1 ab	1.0 a	9.1 b	30.0 a
Org 2°	0.8 b	9.9 ab	1.0 a	9.9 ab	28.4 a
Quí-Mico 3°	1.6 a	9.2 ab	0.9 a	10.2ab	31.3 a

<sup>†</sup>Valores con letra diferente dentro de columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). Quí: Fertilización química; Quí-Org 1°: Fertilización química más orgánica con 10 g de HMA; Org 1°: Fertilización orgánica con 10 g de HMA; Quí-Org 2°: Fertilización química más orgánica con 15 g de HMA; Org 2°: Fertilización orgánica con 15 g de HMA; Quí-Mico 3°: Fertilización química con 20 g de HMA. <sup>‡</sup>Values with different letters in a column are statistically different (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). Quí: Chemical fertilization; Quí-Org 1°: Chemical+organic fertilization with 10 g of HMA; Org 1°: Organic fertilization with 10 g of HMA; Quí-Org 2°: Chemical+organic fertilization with 15 g of HMA; Org 2°: Organic fertilization with 15 g of HMA; Quí-Mico 3°: Chemical fertilization with 20 g of HMA.

*al.*, 2010). Según Cantliffe *et al.* (2007), la firmeza de frutos de fresa aumenta con estrategias de fertilización orgánica; sin embargo, en nuestro estudio ese efecto no se observó y el uso de micorrizas fue más efectivo. Moreira-Salgado *et al.* (2016) también indicaron que la aplicación de micorrizas favorece, entre otros nutrientes, la absorción de Ca<sup>++</sup>.

### Sólidos solubles totales

Diferencias significativas en el contenido de SST solo se observaron entre los tratamientos Org 1° (10.9%) y Quí-Org 1 (8.7%), pero no hubo diferencias entre estos y los demás tratamientos. Según Reganold *et al.* (2010) y Shehata *et al.* (2011) los frutos de fresa producidos con fertilización orgánica tienden a presentar mayor contenido de SST, porque acumulan un mayor nivel de azúcares (Cayuela *et al.*, 1997). Sin embargo, Hargreaves *et al.* (2008) no encontraron diferencias significativas entre frutos provenientes de plantas con fertilización orgánica, respecto a la inorgánica. Esto muestra diferencias en el aporte de nutrientes por el sistema de fertilización aplicado, además de otros factores asociados al esquema de producción.

### AT, relación SST/AT y vitamina C

Los resultados de AT no revelaron diferencias significativas en el contenido de ácido cítrico entre

indicado que la aplicación de micorrizas favorece la absorción de Ca<sup>++</sup> and other nutrients.

### Total soluble solids

Significant differences in SST content were only observed between Org 1° (10.9 %) and Quí-Org 1° (8.7%) treatments, but there were no differences between these and the remaining treatments. According to Reganold *et al.* (2010) and Shehata *et al.* (2011) strawberries produced with organic fertilization tend to have higher SST content because they accumulate a higher level of sugars (Cayuela *et al.*, 1997). However, Hargreaves *et al.* (2008) did not find significant differences between organic and inorganic fruits. This shows differences in the contribution of nutrients based on the fertilization system that is applied, in addition to other factors associated with the production scheme.

### AT, SST/AT ratio, and vitamin C

The AT results did not reveal significant differences in citric acid content between the treatments; there was —a 0.9-1.0% variation. The SST/AT ratio was significantly higher in the Org 1° treatment, compared to the Quí and Quí-Org 2° treatments with values of 10.9, 9.4, and 9.1, respectively (Table 3); a situation that improved the taste of the fruit in the treatment initially mentioned. Regarding the content of vitamin

los tratamientos; se observó una variación entre 0.9 a 1.0%. La relación SST/AT fue significativamente mayor en el tratamiento Org 1°, respecto a los tratamientos Quí y Quí-Org 2° con valores de 10.9, 9.4 y 9.1, respectivamente (Cuadro 3), situación que favorece un sabor de frutos mejor en el tratamiento mencionado al inicio. En el contenido de vitamina C no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, con una variación en el contenido de ácido ascórbico de 28.4 a 31.3 mg 100 g<sup>-1</sup>. Mena-Chacón *et al.* (2017) también indicaron diferencias no significativas en el contenido de Vitamina C entre tratamientos de fertilización orgánica y química.

### CONCLUSIONES

Los sistemas de fertilización orgánica evaluados en el cultivar de fresa Zamorana proporcionaron frutos con concentración mayor de N y P. La combinación de fertilización química y micorrizas aportó frutos con concentraciones mayores de K y Ca.

La combinación de fertilización química y orgánica proporcionó frutos con tamaño mayor pero con firmeza menor, lo que sugiere vida postcosecha menor.

En cuanto a la calidad organoléptica, los frutos de plantas con los sistemas de fertilización orgánica evaluados, tuvieron un contenido mayor de sólidos solubles totales y del índice SST/AT; además sin cambios en la concentración de ácido cítrico y vitamina C.

Las ventajas y desventajas de cada tratamiento de fertilización estudiado deben considerarse para decidir sobre el factor de calidad de fruto más importante, de acuerdo con el tiempo de vida postcosecha requerido y tipo de mercado.

### LITERATURA CITADA

- Aguilar-González A. E., E. Palou, and A. López-Malo. 2015. Antifungal activity of essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*) and/or mustard (*Brassica nigra*) in vapor phase against gray mold (*Botrytis cinerea*) in strawberries. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 32: 181-185.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical chemists, Washington, Method 996.21. DC USA. 746 p.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Vol II. Association of Official Analytical Chemistries, Method 932.14. Washington, D.C. USA. 1298 p.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 17<sup>th</sup> ed. Vol II. Association of Official Analytical Chemistries, Method 967.21. Washington, D.C. USA. 1410 p.

C, there were no significant differences between treatments, although there was a variation in the content of ascorbic acid (28.4 to 31.3 mg 100 g<sup>-1</sup>). Mena-Chacón *et al.* (2017) also pointed out non-significant differences in vitamin C content between organic and chemical fertilization treatments.

### CONCLUSIONS

The organic fertilization systems evaluated in the strawberry Zamorana cultivar provided fruits with a higher concentration of N and P. The combination of chemical fertilization and mycorrhizae provided fruits with higher concentrations of K and Ca.

The combination of chemical and organic fertilization provided bigger and less firm fruits, which suggests a shorter post-harvest life.

Regarding the organoleptic quality, the fruits bore by plants from the organic fertilization systems that were evaluated had a higher content of total soluble solids and SST/AT index; in addition, there were no changes in the concentration of citric acid and vitamin C.

The advantages and disadvantages of each fertilization treatment studied should be considered before making a decision about the most important quality factor of the fruit, according to the required post-harvest life time and type of market.

—End of the English version—



- 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. *Bioresour. Technol.* 93: 145-153.
- Cantliffe D. J., J. Z. Castellanos, and A. V. Paranjpe. 2007. Yield and quality of greenhouse grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine mark media. *Proc. Fla. St. Hortic. Soc.* 120: 157-161.
- Cayuela A., M. Vidueira, M. A. Albi, and F. Gutie. 1997. Influence of the ecological cultivation of strawberries (*Fragaria × ananassa* cv. Chandler) on the quality of the fruit and on their capacity for conservation. *J. Agric. Food Chemistry.* 45: 1736-1740.
- Chapman H. D., and P. Pratt. 1982. Method of analysis for soils, plants and water. Prince Publication 4034, University of California, Division of agricultural Science. Berkley, CA.
- Dodocioiu A. M., and G. Matei. 2015. Yield and quality evolution of strawberry crop under the influence of mineral fertilization. *Res. J. Agric. Sci.* 47: 4.

- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 2ª (ed). Larios, México. pp: 22-27.
- Hakkinen S. H., and A. R. Torronen. 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Res. Int.* 33: 517-524.
- Hargreaves J. C., M.S. Adl, P. R. Warman, and H. P. Vasanta-Rupasinghe. 2008. The effects of organic and conventional nutrient amendments on strawberry cultivation: fruit yield and quality. *J. Sci. Food Agric.* 88: 2669-2675.
- Isaac R. A., and W. C. Johnson. 1976. Determination of the total nitrogen in plant tissue. *J. Assoc. Anal. Chem.* 59: 98-100.
- Mena-Chacón L. M., G. J. Sarmiento, and S. P. Camargo. 2017. Impact of the integral fertilizer on strawberry yield and quality (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. Selva under a drip irrigation system and plastic. *Scientia Agropecuaria* 8: 357-366.
- Moreira-Salgado F., H., F. M. de Sousa-Moreira, H. Barbosa-Paulino, J. O. Siqueira, e M. A. Carbone-Carneiro. 2016. Fungos micorrízicos arbusculares e estimulante micorrízico afetam a massa seca e o acúmulo de nutrientes em feijoeiro e soja. *Pesquisa Agropec. Trop.* 46: 367-373.
- Olsson M. E., C. S. Andersson, S. Oredsson, R. H. Berglund, and K. Gustavsson. 2006. Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation *in vitro* by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. *J. Agric. Food Chem.* 54: 1248-1255.
- Pokhrel B., K. H. Laursen, and K. K. Petersen. 2015. Yield, Quality, and nutrient concentrations of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. 'Sonata') grown with different organic fertilizer strategies. *J. Agric. Food Chem.* 63: 5578-5586.
- Pokhrel B., J. N. Sorensen, H. B. Moller, and K. K. Petersen. 2018. Processing methods of organic liquid fertilizers affect nutrient availability and yield of greenhouse grown parsley. *Renew. Agric. Food Sys. (Print)*: 1-9.
- Reganold J. P., P. K. Andrews, J. R. Reeve, L. Carpenter-Boggs, W. C. Schadt, J. R. Alldredge, C. F. Ross, N. M. Davies, and J. Zhou. 2010. Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PLoS One.* 5(10).
- Shehatta S. A., A. A. Gharib, M. E. Mohamed, K. F. A. Gawad, and E. A. Shalably. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yields and chemical parameters of strawberries. *J. Med. Pl. and Res.* 5: 2304-2308.
- Trejo-Téllez L. I., and F. C. Gómez-Merino. 2014. Nutrient Management in Strawberry: Effects on Yield, Quality and Plant Health. *Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits.* 1<sup>st</sup> edition. Nova Science Publishers, Inc. pp: 239-267.

