

CAPACIDAD DE PROPAGACIÓN Y CALIDAD DE PLANTA DE VARIEDADES MEXICANAS Y EXTRANJERAS DE FRESA

Geremías Rodríguez-Bautista¹; Guillermo Calderón-Zavala¹;
David Jaen-Contreras¹; Arturo Curiel-Rodríguez².

¹Fruticultura. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

Tel. y Fax: 01(595) 952-0233. Correo-e: calderonmemo@yahoo.com (¹ Autor para correspondencia).

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar comparativamente la capacidad de propagación y calidad de plantas de fresa en variedades mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y extranjeras (Festival y Albion). Las cuatro variedades se establecieron en dos viveros localizados en Michoacán, México a diferente altitud: Tanaquillo (1,700 m) y Zirahuén (2,228 m). Se muestrearon ocho plantas madre y ocho plantas hijas como repeticiones. Las variables estudiadas fueron, número de coronas, número de estolones y plantas hijas por planta madre; a las plantas hijas se les cuantificó el contenido de almidón en raíz, su peso fresco y peso seco. El análisis estadístico se hizo con la prueba t-Student, con nivel de significancia de 5 %. 'Festival' presentó mayor número de estolones, coronas y plantas hijas en el vivero de Zirahuén, en comparación con las otras variedades; sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en las variedades mexicanas. En el vivero Tanaquillo, 'Festival' y 'CP-Jacona' presentaron mayor número de plantas hijas; sin embargo, el contenido de almidón fue mayor en 'Festival' que en 'CP-Jacona'. En el vivero Zirahuén la acumulación de almidón en plantas hijas fue mayor, en contraste con el vivero Tanaquillo, donde el número de plantas hijas fue mayor. En el vivero de mayor altitud, 'CP-Jacona' mostró baja capacidad de producción de estolones y plantas hijas, pero éstas tuvieron el mayor contenido de almidón y el peso seco fue igual al de las variedades de Estados Unidos. En el vivero Tanaquillo las variedades mexicanas superaron a 'Albion' en la producción de plantas hijas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Fragaria x ananassa*, propagación, reservas, acumulación de materia seca, nuevas variedades.

PROPAGATION CAPACITY AND PLANT QUALITY OF MEXICAN AND FOREIGN STRAWBERRY VARIETIES

ABSTRACT

This work was carried out in order to compare propagation capacity and quality of Mexican strawberry varieties (CP-Jacona and CP-Zamorana) and foreign commercial varieties (Festival and Albion). The four varieties were established in two nurseries located in Michoacán, Mexico at different altitudes: Tanaquillo (1,700 m) and Zirahuén (2,228 m). Eight mother plants and eight daughter plants were sampled as replications. Number of crowns, number of runners and daughter plants per mother plant were the variables studied. Root starch content and fresh and dry plant weight were recorded of the daughter plants. The statistical analysis was performed using the student's t-test with 5 % significance level. The Mexican variety 'Festival' produced more runners, crowns and daughter plants in the nursery of Zirahuén, compared to other varieties; however, the starch content was higher in the Mexican varieties. In the nursery of Tanaquillo, both the 'Festival' and 'CP-Jacona' varieties showed higher number of daughter plants; however, the starch content in the 'Festival' variety was higher than in the 'CP-Jacona' variety. In the nursery of Zirahuén, the starch content of daughter plants was higher than in the nursery of Tanaquillo, but the number of daughter plants produced was notably higher at the nursery of Tanaquillo. At the nursery of Zirahuén, the 'CP-Jacona' variety had a lower capacity of runners and daughter plants production but these plants showed greater starch content but dry weight of daughter plants was similar to the USA varieties. At the nursery of Tanaquillo, the Mexican varieties were better in the production of daughter plants than the 'Albion' variety.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Fragaria x ananassa*, plant propagation, reserves, dry matter accumulation, new varieties.

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos ricos en antioxidantes, micronutrientes y fitoquímicos es una medida preventiva para disminuir el riesgo de enfermedades crónicas causadas por el estrés oxidativo (Kay y Holub, 2002). El fruto de la fresa contiene una cantidad importante de antioxidantes y micronutrientes, siendo la fuente más rica en vitamina C y ácido fólico, en comparación con otras frutas (Olsson *et al.*, 2004), posee un alto contenido de agua, menor cantidad de carbohidratos de bajo peso molecular y una mayor relación glucosa/fructosa (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es de amplia adaptación; se cultiva en latitudes bajas de los trópicos y altas en los subtropicos (Hancock, 1999). El cultivo de fresa en México se basa en variedades extranjeras, provenientes de las Universidades de California y Florida, lo que implica un incremento en los costos de producción y un decremento en la rentabilidad del cultivo y calidad de la planta (Barrera y Sánchez, 2003). La generación, adopción y posicionamiento de nuevas variedades creadas en México puede contrarrestar este problema y, eventualmente, disminuir la dependencia tecnológica que la industria fresera de México tiene ahora del extranjero. Así, este proceso de creación y adopción debe ser considerado como estratégico y llevarse a cabo de manera continua y sostenida. Recientemente se han liberado 'CP Zamorana' y 'CP Jacona' como dos nuevas variedades de fresa creadas por el Colegio de Postgraduados en México. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación otorgó los correspondientes Títulos de Obtentor número 0500 y 0501, respectivamente (Diario Oficial, 2010). Una planta con calidad debe tener raíces abundantes, coronas múltiples, yemas diferenciadas y alto contenido de carbohidratos para establecerse rápidamente en el terreno de cultivo, y con ello obtener una producción precoz y de alto rendimiento (Stapleton *et al.*, 2001).

Los factores genéticos y ambientales influyen en el crecimiento de las plantas y en la productividad y calidad del fruto (Himelrick y Galletta, 1990). La disponibilidad de agua, las temperaturas nocturnas y diurnas, y la intensidad de la luz del día, están relacionadas con el tamaño del fruto (Avigdor-Avidov, 1986). Las variedades y especies de fresa están relacionadas con la temperatura y el fotoperiodo (Galletta y Bringham, 1990). Las altas temperaturas, en condiciones de vivero, afectan la calidad de las plantas hijas (Guttridge y Anderson, 1975), y en la producción afectan el rendimiento y el tamaño del fruto (Chercuitte *et al.*, 1991; Lieten *et al.*, 1995).

La altitud afecta el tamaño de la corona de las plantas y el número de coronas (Maroto *et al.*, 1997). El establecimiento de viveros de fresa en altas altitudes, puede provocar daños a las plantas por las bajas temperaturas, en contraste, en bajas altitudes las plantas llegan a presentar menor contenido de almidón, con un bajo rendimiento; por otro lado, se puede obtener mayor número de coronas en periodos más cortos, en comparación con las plantas producidas en elevaciones altas (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

INTRODUCTION

In take of foods rich in antioxidants, micronutrients and phytochemicals is a preventive measure to reduce the risk of chronic diseases caused by oxidative stress (Kay and Holub, 2002). The strawberry fruit contains a significant amount of antioxidants and micronutrients, being the richest source of vitamin C and folic acid, compared to other fruits (Olsson *et al.*, 2004). This fruit has high water content, a lower number of carbohydrates with low molecular weight and a greater glucose/fructose ratio (Olsson *et al.*, 2004; Vinson *et al.*, 2008).

The strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) is widely adapted; it is grown in low latitudes in the case of tropics and in high latitudes in the case of subtropics (Hancock, 1999). The cultivation of strawberries in Mexico is based on foreign varieties, from the University of California and the University of Florida, which implies an increase in production costs and a decrease in profitability of the crop and quality of the plant (Barrera and Sánchez, 2003). Generating, adopting and positioning new varieties developed in Mexico can counteract this problem, and eventually, reduce technological dependence that the Mexican strawberry industry has. Thus, this process of creation and adoption should be considered strategic and it should be carried out continuously and steadily. Recently, both the 'CP Zamorana' and the 'Cp Jacona' varieties have been released, by the Colegio de Postgraduados in Mexico, as two new strawberry varieties. The Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food gave the Title of Breeder number 0500 and 0501, respectively (Diario Oficial, 2010). A plant with good quality should have abundant roots, multiple crowns, differentiated buds and high content of carbohydrates to establish quickly in the area of cultivation, and thereby to obtain early production and high yield (Stapleton *et al.*, 2001).

Genetic and environmental factors influence plant growth and productivity, and also fruit quality (Himelrick y Galletta, 1990). Water availability, day and night temperature, daylight intensity are related to the size of the fruit (Avigdor-Avidov, 1986). Strawberry varieties and species are related to temperature and photoperiod (Galletta y Bringham, 1990). High temperature inside nurseries, affect daughter plants quality (Guttridge y Anderson, 1975), and yield and size fruit in the production (Chercuitte *et al.*, 1991; Lieten *et al.*, 1995).

Altitude affects the size and number of the crowns of the plants, (Maroto *et al.*, 1997). Strawberry nurseries located at high altitudes can damage the plants due to low temperatures. On the other hand, plants located at low altitudes show lower starch content and low yield, and a greater number of crowns can be obtained in shorter periods, compared to plants at high altitudes (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

Los azúcares solubles desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales; cuando sus órganos terminan su desarrollo, dichos azúcares se almacenan temporalmente como almidón en las raíces y coronas de la fresa, como resultado del acortamiento del fotoperiodo y la disminución de la temperatura ambiental (Guttridge y Anderson, 1975; Dinar y Stevens, 1981; Maas, 1986). El contenido de almidón es necesario para la propagación de la planta (Lieten *et al.*, 1995), el almacenamiento a largo plazo (Bringhurst *et al.*, 1960), el establecimiento de la plantación, la precocidad y el rendimiento de frutos (Schupp y Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

El número de horas en refrigeración, el contenido de sacarosa en la raíz y el rendimiento de frutos están relacionados con la producción y acumulación de almidón en las plantas; por ejemplo: Lieten (1997) obtuvo el mayor rendimiento de la planta cuando el contenido de sacarosa en la raíz fue superior a 100 mg·g⁻¹ de materia seca (MS) y el almidón en la raíz osciló entre 21 y 33 mg·g⁻¹ de MS. Por otro lado, Dradi *et al.* (1999) encontraron que en las plantas en vivero, el contenido de almidón en la raíz y corona fue de 450 mg·g⁻¹ de peso fresco; sin embargo, el contenido de la sacarosa en la raíz y corona fue de 25 mg·g⁻¹ de MS.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de propagación y la calidad de las plantas de fresa en viveros a una altitud de 2,228 y 1,700 m, comparando las variedades Mexicanas 'CP-Jacona' y 'CP-Zamorana' de reciente liberación con las variedades comerciales extranjeras 'Festival' y 'Albion'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos viveros del estado de Michoacán: uno en Tanaquillo, municipio de Chilchota, situado a una altitud de 1,700 m, 19° 53' de latitud norte y 102° 13' de longitud oeste, con una precipitación anual de 728.9 mm y una temperatura media anual de 17.7 °C. El otro vivero se estableció en el municipio de Zirahuén situado a una altitud de 2,228 m, 19° 28' de latitud Norte y 101° 45' de longitud Oeste, con una precipitación anual de 1.160 mm y una temperatura media anual de 16.2 °C.

Las variedades mexicanas de fresa utilizadas para este trabajo fueron CP-Jacona y CP-Zamorana, en comparación con las variedades extranjeras Festival y Albion.

Las plantas se establecieron en camas de 20 x 1.6 m, colocando las plantas madre en una sola hilera, con una separación de 0.60 m entre ellas.

La unidad de muestreo consistió de ocho plantas madre y ocho plantas hijas, según correspondiera en la toma de datos a la variable evaluada; cada planta se consideró como una repetición. Los viveros fueron manejados de una manera tal, que siempre estuvieron libres de maleza, plagas y enfermedades, y se equiparon con malla antigranizo para prevenir el daño de este meteorito en caso de ocurrencia. Ambos viveros contaron con un sistema de fertigración para asegurar la adecuada

Soluble sugars play an important role in the growth and development of vegetable species. When their organs complete their development, these sugars are temporarily stored as starch in strawberry roots and crowns, as a result of the shortening of the photoperiod and the decrease of ambient temperature (Guttridge and Anderson, 1975; Dinar and Stevens, 1981; Maas, 1986). The content of starch is required for the propagation of the plant (Lieten *et al.*, 1995), the long term storage (Bringhurst *et al.*, 1960), the establishment of the plantation, the earliness and yield of fruits (Schupp and Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

The number of hours in refrigeration, the sucrose content of roots and fruit yield are related to the production and accumulation of starch in plants; for example: Lieten (1997) obtained greater yield of the plant when the content of sucrose in root was greater than 100 mg·g⁻¹ dry matter (DM) and the content of starch in roots ranged between 21 and 33 mg·g⁻¹ DM. Furthermore, Dradi *et al.* (1999) observed that in nursery plants, the starch content in root and crown was 450 mg·g⁻¹ DM; however, sucrose content in root and crown was 25 mg·g⁻¹ DM.

The aim of this study was to evaluate the capacity of propagation and quality of strawberry plants in nurseries at an altitude of 2,228 and 1,700 m, comparing the Mexican varieties 'CP-Jacona' and 'CP-Zamorana' of recent release with the foreign commercial varieties 'Festival' and 'Albion'.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in two nurseries in the state of Michoacán; one nursery was located in Tanaquillo, municipality of Chilchota, at an altitude of 1,700 m, 19° 53' N and 102° 13' W, with annual precipitation of 728.9 mm and a mean annual temperature of 17.7 °C. The second nursery was in the municipality of Zirahuén, at an altitude of 2,228 m, 19° 28' N and 101° 45' W, with an annual rainfall of 1.160 mm and an average temperature of 16.2 °C.

The Mexican varieties used in this study were CP-Jacona and CP-Zamorana, in comparison with the Festival and Albion foreign varieties.

Plants were set in 20 x 1.6 m plant beds, placing the mother plants in a single row, with a separation of 0.60 m between them.

The sampling unit consisted of eight mother plants and eight daughter plants according to the data collection of the variable evaluated; each plant was considered as a replication. Nurseries were always free of weeds, pests and diseases, and they were covered with a plastic net to prevent hail damage. Both nurseries had fertigation systems to ensure adequate availability of water and nutrients throughout the growing period. Harvest of new plants took place on August 11, 2009 in the nursery of Tanaquillo, and in the

disponibilidad de agua y de nutrimentos durante todo el periodo de cultivo. Debido a la diferencia en la fecha de establecimiento de los viveros, la cosecha de las nuevas plantas se llevó a cabo el día 11 de agosto de 2009 en el vivero de Tanaquillo y en el vivero de Zirahuén el día 25 de agosto del mismo año, con lo cual se redujo la diferencia en días en el periodo de establecimiento a cosecha. Durante el proceso de recolección, a las plantas madre de cada variedad se les contabilizó el número de estolones, número de coronas y plantas hijas generadas. De las plantas hijas producidas, se escogieron al azar ocho a las que se les cuantificó el contenido de almidón por el método de Antrona (McCready *et al.*, 1950) y se expresó en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de materia seca (MS); la absorbancia se determinó a 505 nm, en un espectrofotómetro ultravioleta digital (Marca Varían modelo SP8-ultravioleta). Asimismo, a las plantas hijas se les midió el peso fresco y se determinó la materia seca de toda la planta (g), mediante secado a 72 °C por 72 horas en estufa (marca Imperial y Modelo Lab-Line) y pesado en balanza electrónica digital (marca Alsep, Modelo EY-200).

Previo al análisis estadístico, se realizó una transformación logarítmica (Bartlette, 1977) de los datos de las variables contenido de almidón en raíz y número de plantas hijas; debido a que la función de distribución de los datos no presentó una repartición normal, a diferencia de las demás variables analizadas. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con el método de 't de Student', para muestras independientes (Infante y Zárate de Lara, 1990), con un nivel de significancia de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de coronas, estolones y plantas hijas

En el vivero de Zirahuén, la variedad de fresa Festival presentó el mayor de número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) por planta madre, en comparación con las demás variedades (Cuadro 1). En el vivero de Tanaquillo se encontró una respuesta similar; es decir, 'Festival' fue superior a todas las demás variedades en cuanto a NE y NPH, pero no para NC, pues la prueba estadística no detectó diferencia significativa entre las variedades en este vivero ubicado a menor altitud (Cuadro 2). El contraste entre viveros fue evidente sólo para la variable NPH (Cuadros 1 y 2); es notable el mayor número de plantas hijas producidas por planta madre en el vivero de Tanaquillo que en el vivero localizado a mayor altitud en Zirahuén. Por otra parte, en Tanaquillo, 'Albion' presentó los menores valores medios de NE y NPH (Cuadro 2), lo cual ubica a las variedades mexicanas CP-Zamorana y CP-Jacona como mejores en comparación con 'Albion', pero con capacidad inferior que 'Festival' para producir estolones y plantas hijas en condiciones de baja altitud (Tanaquillo).

Los resultados descritos y presentados en los Cuadros 1 y 2 se explican porque a mayor altitud la temperatura es menor y ésta afecta negativamente al crecimiento vegetativo de las plantas, lo cual se reflejó en menor número de estolones y plantas hijas como variables grandemente

nursery of Zirahuén, on August 25, of the same year, due to the difference in date of nurseries establishment, reducing the difference in days in the period from establishment to harvest. During the collection process, the number of runners, crowns and daughter plants of the mother plants of each variety were counted. Eight daughter plants were randomly selected, and their starch content was measured using the method of Antrona (McCready *et al.*, 1950) and it was represented in $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ dry matter (DM); absorbance was determined at 505 nm using a digital ultraviolet spectrophotometer (trademark Varían SP8-ultraviolet Model). Also, fresh weight and dry matter, from the whole plant (g) of the daughter plants were measured by drying in an oven (trademark Imperial and Lab-Line Model) at 72 °C for 72 hours and weighted using a digital electronic scale (trademark Alsep, EY-200 Model).

Prior to the statistical analysis, a logarithmic transformation (Bartlette, 1977) of the variables 'root starch content' and 'daughter plants' was conducted, because the data distribution function did not show a normal distribution, unlike the other variables analyzed. The data statistical analysis was conducted using, for independent samples, the student's t-test, (Infante and Zárate de Lara, 1990), with 5 % significance level.

RESULTS AND DISCUSSION

Number of crowns, runners and daughter plants

In the nursery of Zirahuén, the Festival variety showed a greater number of crowns (NC), number of runners (NR) and number of daughter plants (NDP) per mother plant, in comparison with the other varieties (Table 1). In the nursery of Tanaquillo a similar response was observed; in other words, the 'Festival' variety was superior to all other varieties regarding to the NR and the NDP, but not for the NC, because the statistical test did not detect significant difference between varieties in the nursery located at lower altitudes (Table 2). The contrast between nurseries was evident only for the NDP variable (Tables 1 and 2); is evident the greater number of daughter plants produced by the mother plants in the nursery of Tanaquillo than in the nursery located at higher altitudes in Zirahuén. Moreover, in Tanaquillo, the 'Albion' variety showed lower mean values of the NR and the NDP (Table 2), which places Mexican varieties CP-Zamorana and CP-Jacona as the best varieties in comparison with the 'Albion' variety, but with lower capacity than 'Festival' to produce runners and daughter plants at low altitude (Tanaquillo).

The results described and shown in Tables 1 and 2 are explained indicating that at higher altitudes, the temperature is lower and adversely affects the vegetative growth of plants, which was reflected in less runners and daughter plants as variables greatly dependent on each other (Ma-

dependientes entre sí (Maroto *et al.* 1997; López *et al.*, 1997). Por su parte, Cárdenas *et al.* (1992) indican que las variedades presentan distinta sensibilidad genética hacia los elementos ambientales, como fotoperiodo, temperatura e intensidad luminosa y ello puede explicar las grandes diferencias que se detectaron entre variedades en las variables de multiplicación que se midieron.

CUADRO 1. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en plantas madre de cuatro variedades de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán, México.

Variedad	NC [†]	NE	NPH
Festival	2.40 ± 0.24 a ^z	8.2 ± 0.37 a	25.80 ± 1.85 a
Albion	1.40 ± 0.24 b	6.4 ± 0.51 b	13.00 ± 1.30 b
CP-Zamorana	1.20 ± 0.20 b	6.4 ± 0.51 b	13.60 ± 2.06 b
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 b	4.4 ± 0.51 c	7.80 ± 0.97 c

^zMedias con distinta letra en una columna son diferentes (t 'Student' muestras independientes $P \leq 0.05$).

[†]Datos fueron obtenidos de conteos por planta madre, expresados y se expresan como media ± desviación estándar con n=8.

CUADRO 2. Número de coronas (NC), estolones (NE) y plantas hijas (NPH) encontrados en planta madre en variedades de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán, México.

Variedad	NC [†]	NE	NPH
Festival	1.80 ± 0.20 a ^z	12.0 ± 0.71 a	68.40 ± 1.81 a
Albion	2.40 ± 0.51 a	6.4 ± 0.51 c	31.40 ± 0.93 d
CP-Zamorana	1.40 ± 0.24 a	9.6 ± 0.40 b	43.80 ± 2.20 c
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 a	9.2 ± 0.20 b	54.00 ± 3.05 b

^zMedias con distinta letra en una columna son diferentes (t 'Student' muestras independientes, $P \leq 0.05$).

[†]Datos fueron obtenidos de conteos por planta madre, expresados como media ± Desviación Estándar con n = 8.

Contenido de almidón

Las variedades CP-Jacona y Albion presentaron un mayor contenido de almidón (213.3 y 180.0 mg·g⁻¹ MS) (materia seca) en el vivero de Zirahuén, con respecto a 'CP-Zamorana' (131.2) y 'Festival' (101.2 mg·g⁻¹ MS) (Cuadro 3 y Figura 1). Cárdenas *et al.* (1992) indican que existe un antagonismo entre el contenido de almidón en la planta y la formación de coronas (NC), número de estolones (NE) y número de plantas hijas (NPH), lo cual se confirma con la información presentada en los Cuadros 1 y 3 en cuanto a menor NE y NPH en correlación negativa con mayores contenidos de almidón.

roto *et al.* 1997; López *et al.*, 1997). Meanwhile, Cárdenas *et al.* (1992) indicated varieties have different genetic susceptibility to environmental elements, such as photoperiod, temperature and light intensity, this may explain the large differences found between varieties in the multiplication variables that were measured.

TABLE 1. Number of crowns (NC), runners (NR) and daughter plants (NDP) found in mother plants of four varieties of strawberry fruits in the nursery of Zirahuén, Michoacán, Mexico.

Variety	NC [†]	NR	NDP
Festival	2.40 ± 0.24 a ^z	8.2 ± 0.37 a	25.80 ± 1.85 a
Albion	1.40 ± 0.24 b	6.4 ± 0.51 b	13.00 ± 1.30 b
CP-Zamorana	1.20 ± 0.20 b	6.4 ± 0.51 b	13.60 ± 2.06 b
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 b	4.4 ± 0.51 c	7.80 ± 0.97 c

^z Means with different letters in a column are statistically different (t 'Student' independent samples $P \leq 0.05$).

[†] Data were obtained from counts per mother plant, and are expressed as mean ± standard deviation for n = 8.

TABLE 2. Number of crowns (NC), runners (NR) and daughter plants (NDP) found in mother plants of four varieties of strawberry fruits in the nursery of Tanaquillo, Michoacán, Mexico.

Variety	NC [†]	NR	NDP
Festival	1.80 ± 0.20 a ^z	12.0 ± 0.71 a	68.40 ± 1.81 a
Albion	2.40 ± 0.51 a	6.4 ± 0.51 c	31.40 ± 0.93 d
CP-Zamorana	1.40 ± 0.24 a	9.6 ± 0.40 b	43.80 ± 2.20 c
CP-Jacona	1.20 ± 0.20 a	9.2 ± 0.20 b	54.00 ± 3.05 b

^z Means with different letters in a column are statistically different (t 'Student' independent samples $P \leq 0.05$).

[†] Data were obtained from counts per mother plant, and are expressed as mean ± standard deviation for n = 8.

Starch content

Both CP-Jacona and Albion varieties showed a greater starch content (213.3 and 180.0 mg·g⁻¹ DM) (dry matter) in the nursery of Zirahuén, with respect to 'CP-Zamorana' variety (131.2) and 'Festival' varieties (101.2 mg·g⁻¹ DM) (Table 3 and Figure 1). Cárdenas *et al.* (1992) indicate that there is an antagonism between the starch content in the plant and the formation of crowns (NC), the number of runners (NR) and the number of daughter plants (NDP), which is confirmed with the information provided in Tables 1 and 3 in terms of less NR and NDP negatively correlated with higher starch content.

CUADRO 3. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Zirahuén, Michoacán.

Variedad	Almidón [‡] (mg·g ⁻¹ MS)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Festival	101.25 ± 13.78 b ^z	20.97 ± 2.41 ab	5.49 ± 0.51 a
Albion	180.00 ± 12.51 a	23.51 ± 2.58 a	5.98 ± 0.48 a
CP-Zamorana	131.25 ± 3.25 b	16.64 ± 2.09 ab	4.74 ± 0.56 a
CP-Jacona	213.32 ± 3.75 a	16.04 ± 1.67 b	5.28 ± 0.46 a

^zMedias con distinta letra en una columna son diferentes (t 'Student' muestras independientes, P≤0.05).

[‡]Datos expresados en mg·g⁻¹ de materia seca. Media ± Desviación Estándar; n = 8).

TABLE 3. Starch content, fresh and dry weight of daughter plants of Mexican and foreign strawberry varieties in the nursery of Zirahuén, Michoacán.

Variety	Starch [‡] (mg·g ⁻¹ MS)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Festival	101.25 ± 13.78 b ^z	20.97 ± 2.41 ab	5.49 ± 0.51 a
Albion	180.00 ± 12.51 a	23.51 ± 2.58 a	5.98 ± 0.48 a
CP-Zamorana	131.25 ± 3.25 b	16.64 ± 2.09 ab	4.74 ± 0.56 a
CP-Jacona	213.32 ± 3.75 a	16.04 ± 1.67 b	5.28 ± 0.46 a

^z Means with different letters in a column are statistically different (t 'Student' independent samples P≤0.05).

[‡] Data expressed in mg·g⁻¹ dry weight. Mean ± standard deviation for n = 8).

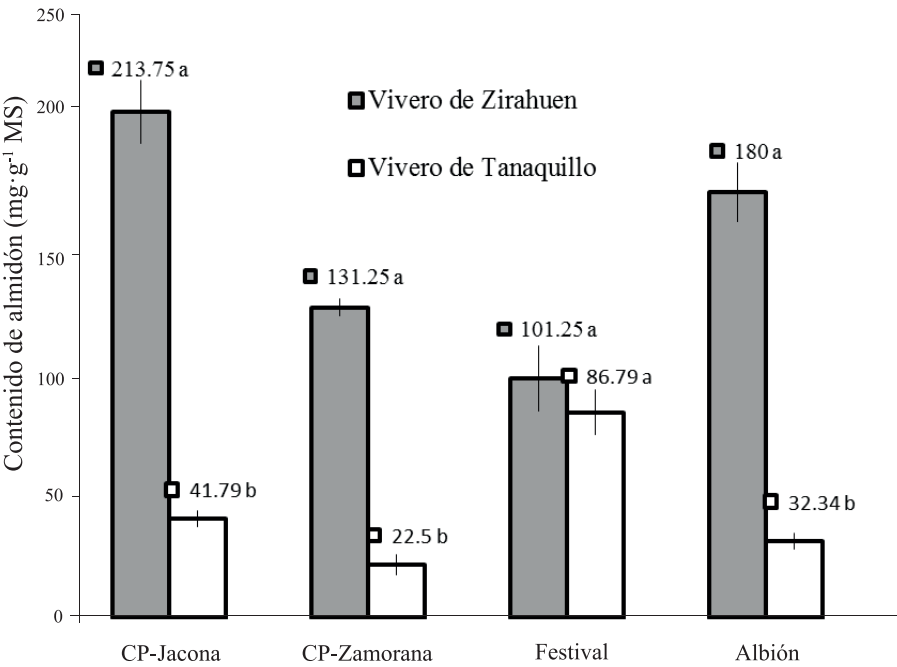


FIGURA 1. Contenido de almidón de cuatro variedades de fresa, dos mexicanas (CP-Jacona y CP-Zamorana) y dos extranjeras (Festival y Albion), en dos viveros localizados en Zirahuén y Tanaquillo, Michoacán. Las líneas verticales en la parte superior de las barras representan la desviación del error experimental.

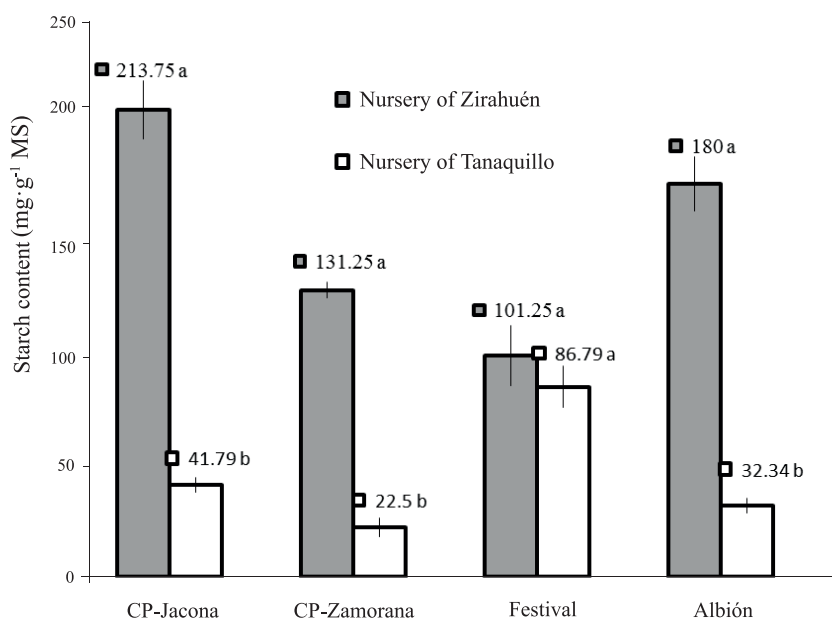


FIGURE 1. Starch content of four strawberry varieties, two Mexican varieties (CP-Jacona and CP-Zamorana) and two foreign varieties (Festival and Albion), in two nurseries situated in Zirahuén and Tanaquillo, Michoacan. Vertical lines on top of the bars represent the deviation of experimental error.

En el vivero de Tanaquillo, con un valor de 86.78 mg·g⁻¹ MS, 'Festival' presentó significativamente mayor contenido de almidón en la raíz, en comparación con los niveles de 32.3, 22.5 y 41.8 mg·g⁻¹ MS de 'Albion', 'CP-Zamorana' y 'CP-Jacona', respectivamente sin diferencias significativas entre estas últimas (Cuadro 4). Dado que la tendencia de acumulación de almidón de las variedades se asocia con el tiempo necesario para romper el letargo (Risser, 1979; Okasha y Ragab, 1993), la mayor acumulación de almidón podría estar relacionada con el grado de precocidad de las variedades. Por ello, los niveles óptimos del contenido de almidón en plantas de vivero, para la producción de fruto después de la plantación, se deben determinar para cada variedad.

Con excepción de 'CP-Zamorana' multiplicada en Tanaquillo, el contenido de almidón en raíz de las plantas hijas de todas las variedades estudiadas en los dos viveros evaluados fue mayor que los niveles reportados por Lieten (1997) (entre 21 y 33 mg·g⁻¹ de MS) que le permitieron alto rendimiento de fruto.

La comparación de la acumulación de almidón en las plantas hijas de diferentes variedades, y de la misma variedad en las dos localidades de ubicación de los viveros para multiplicación se muestra en la Figura 1. Se aprecia que todas las variedades presentaron mayor contenido de almidón en el vivero de Zirahuén, debido seguramente a que se encuentra a mayor altitud, lo que resulta en condiciones de temperatura menor, que probablemente inducen a que las plantas hijas detengan o disminuyan su crecimiento con mayor anticipación y almacenen más carbohidratos de reserva, en este caso el almidón, como lo mencionan Guttridge y Anderson (1975), Dinar y Stevens (1981) y Maas (1986).

En el vivero de Tanaquillo, con un valor de 86.78 mg·g⁻¹ MS, 'Festival' variedad mostró significativamente mayor contenido de almidón en raíces, comparado con los niveles de 32.3, 22.5 y 41.8 mg·g⁻¹ MS de 'Albion', 'CP-Zamorana' y 'CP-Jacona' variedades, respectivamente, sin diferencias significativas entre las últimas mencionadas (Tabla 4). Dado que la tendencia de acumulación de almidón de las variedades se asocia con el tiempo necesario para romper el letargo (Risser, 1979; Okasha y Ragab, 1993), la mayor acumulación de almidón podría estar relacionada con el grado de precocidad de las variedades. Por ello, los niveles óptimos del contenido de almidón en plantas de vivero, para la producción de fruto después de la plantación, se deben determinar para cada variedad.

Con excepción de la 'CP-Zamorana' variedad, multiplicada en Tanaquillo, el contenido de almidón en raíz de las plantas hijas de todas las variedades estudiadas en los dos viveros evaluados fue mayor que los niveles reportados por Lieten (1997) (entre 21 y 33 mg·g⁻¹ de MS) que le permitieron alto rendimiento de fruto.

La comparación de la acumulación de almidón en las plantas hijas de diferentes variedades, y de la misma variedad en las dos localidades de ubicación de los viveros para multiplicación se muestra en la Figura 1. Se aprecia que todas las variedades presentaron mayor contenido de almidón en el vivero de Zirahuén, debido seguramente a que se encuentra a mayor altitud, lo que resulta en condiciones de temperatura menor, que probablemente inducen a que las plantas hijas detengan o disminuyan su crecimiento con mayor anticipación y almacenen más carbohidratos de reserva, en este caso el almidón, como lo mencionan Guttridge y Anderson (1975), Dinar y Stevens (1981) y Maas (1986).

CUADRO 4. Contenido de almidón, peso fresco y peso seco de plantas hijas en variedades mexicanas y extranjeras de fresa en el vivero de Tanaquillo, Michoacán.

Variedad	Almidón [†] (mg·g ⁻¹ MS)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Festival	86.78 ± 9.42 a ^z	14.23 ± 2.15 a	3.33 ± 0.53 a
Albion	32.34 ± 3.95 b	14.49 ± 1.80 a	3.62 ± 0.51 a
CP-Zamorana	22.50 ± 3.47 b	11.52 ± 1.89 a	2.95 ± 0.39 a
CP-Jacona	41.78 ± 9.09 b	6.01 ± 0.79 b	1.62 ± 0.17 b

^zMedias con distinta letra en una columna son diferentes (t- 'Student' muestras independientes, $P \leq 0.05$).

[†]Datos expresados en mg·g⁻¹ de materia seca. Media ± Desviación Estándar; n = 8).

TABLE 4. Starch content, fresh and dry weight of daughter plants in Mexican and foreign strawberry varieties in the nursery of Tanaquillo, Michoacán.

Variety	Starch [†] (mg·g ⁻¹ MS)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Festival	86.78 ± 9.42 a ^z	14.23 ± 2.15 a	3.33 ± 0.53 a
Albion	32.34 ± 3.95 b	14.49 ± 1.80 a	3.62 ± 0.51 a
CP-Zamorana	22.50 ± 3.47 b	11.52 ± 1.89 a	2.95 ± 0.39 a
CP-Jacona	41.78 ± 9.09 b	6.01 ± 0.79 b	1.62 ± 0.17 b

^zMeans with different letters in a column are different (t- 'Student' independent samples $P \leq 0.05$).

[†]Data expressed in mg·g⁻¹ dry weight. Mean ± standard deviation for n = 8).

En la Figura 1 es evidente que las variedades CP-Jacona, CP-Zamorana y Albion almacenaron significativamente menor cantidad de almidón en el vivero de menor altitud (mayor temperatura) (Tanaquillo), debido probablemente a la mayor producción de plantas hijas y estolones (Cuadro 2) en comparación con su multiplicación en Zirahuén, en el que el número de plantas hijas fue menor por planta madre (Cuadro 1). Tales efectos de la altitud en el vivero han sido documentados en algunos reportes bibliográficos (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

El contenido de almidón en raíz no es sólo importante en la capacidad de propagación de la planta (Lieten *et al.*, 1995) y en el almacenamiento y sobrevivencia a largo plazo (Bringinghurst *et al.*, 1960) sino también, en el rápido y exitoso establecimiento para mayor precocidad y producción de frutos (Schupp y Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

A diferencia de las demás variedades, es claro que la acumulación de almidón en plantas de 'Festival' fue similar en plantas producidas en los dos viveros (Figura 1), lo cual indica que esta variedad parece tener una menor sensibilidad a las distintas condiciones ambientales dadas por las diferentes altitudes de estudio, lo cual es una característica de respuesta que depende del genotipo (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

In Figure 1 it is evident that the varieties CP-Jacona, CP-Zamorana and Albion stored significantly lower amount of starch in the nursery located at a lower altitude (higher temperature) (Tanaquillo), probably due to increased production of daughter plants and runners (Table 2) compared with the multiplication in the nursery of Zirahuén, in which the number of daughter plants was lower per mother plant (Table 1). Such effects of altitude in the nursery have been documented in some bibliographic reports (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

Starch content in root is important not only because of the capacity of plant propagation (Lieten *et al.*, 1995), storage and long-term survival (Bringinghurst *et al.*, 1960) but also due to the rapid and successful initial development for early flowering and production of fruits (Schupp and Hennion, 1997; Stapleton *et al.*, 2001).

Unlike other varieties, it is clear that starch accumulation in 'Festival' plants was similar in plants produced in both nurseries (Figure 1), which indicates that the variety appears to have a lower sensitivity to different environmental conditions given by the different altitudes of the study, which is a response characteristic that depends on the genotype (Maroto *et al.*, 1997; López *et al.*, 1997).

Peso fresco y peso seco

El peso fresco de la planta hija en 'CP-Jacona' producida en Zirahuén es significativamente menor que en 'Albion', variedad que tuvo el peso fresco mayor, pero no hubo diferencias significativas en peso seco de la misma; tal vez debido al elevado contenido de almidón que presentó 'CP-Jacona' (Cuadro 3), a su vez explicado posiblemente por la baja producción de estolones y plantas hijas por planta madre encontrados (Cuadro 1).

En el vivero de Tanaquillo, ubicado a menor altitud, 'CP-Jacona' resultó con plantas hijas de menor peso fresco y seco, significativamente menores que todas las demás variedades (Cuadro 4), lo cual guarda relación negativa con la capacidad de producción de plantas hijas, de la planta madre que las produjo, pues en Tanaquillo, 'CP-Jacona' tuvo un elevado número de plantas hijas (54 plantas), significativamente superior a 'CP-Zamorana' (43.8 plantas) y 'Albion' (31.4 plantas hijas por planta madre) (Cuadro 2).

En Tanaquillo, a pesar de venir de plantas madre con alta producción de plantas hijas (68.3 plantas) por planta madre (Cuadro 2), las plantas hijas de 'Festival' tuvieron la mayor acumulación de almidón en raíz, significativamente superior al resto de los genotipos, y aun así, el peso fresco y seco de sus plantas hijas fue de los más altos (Cuadro 4).

Al observar los pesos fresco y seco de las plantas hijas producidas en Zirahuén (Cuadro 3) y Tanaquillo (Cuadro 4), es muy notable que las plantas de todas las variedades producidas en el primer vivero (de mayor altitud) fueron de mayor peso; es más notable la diferencia en la variable de peso seco, lo cual es probablemente debido al elevado contenido de almidón también encontrado en Zirahuén, pero a costa de una menor producción de plantas hijas, como ya se presentó y discutió anteriormente (Cuadros 1 y 2).

Las diferencias marcadas encontradas entre variedades corroboran lo indicado por Durner *et al.* (1984), quienes mencionan que los genotipos de fresa presentan diferente sensibilidad a los factores ambientales en su respuesta en crecimiento vegetativo, producción de estolones y en su posterior fructificación.

CONCLUSIONES

La variedad Festival, generada en Florida, presentó mayor capacidad de producción de estolones y plantas hijas que las variedades mexicanas 'CP-Zamorana' y 'CP-Jacona', pero éstas superan al genotipo californiano 'Albion' en la producción de planta en vivero de baja altitud, aunque el menor peso seco de planta hija lo tiene 'CP-Jacona'.

En el vivero de Zirahuén, 'Jacona' se mostró con baja capacidad de producción de estolones y plantas hijas, pero éstas tuvieron el mayor contenido de almidón y el peso seco final de planta hija fue igual al de las variedades norteamericanas.

Hay una correlación directa negativa entre producción de plantas hijas y la acumulación de almidón en raíz, lo

Fresh and dry weight

The fresh weight of daughter plants in the 'CP-Jacona' variety grown in Zirahuén is significantly lower than in the 'Albion' variety, which had the greatest fresh weight, but there were no significant differences in dry weight, perhaps due to the high starch content showed by the 'CP-Jacona' variety (Table 3), possibly due to the low production of runners and daughter plants per mother plant (Table 1).

In the nursery of Tanaquillo, situated at lower altitude, the 'CP-Jacona' variety had daughter plants with lower fresh and dry weight, significantly lower than all other varieties (Table 4), which relates negatively with the production capacity of the mother plants producing daughter plants, because in Tanaquillo, the 'CP-Jacona' variety had a large number of daughter plants (54 plants), significantly higher than 'CP-Zamorana' (43.8 plants) variety and 'Albion' (31.4 daughter plants per mother plant) (Table 2).

In Tanaquillo, despite of coming from mother plants with high production of daughter plants (68.3 plants) per mother plant (Table 2), the daughter plants of the 'Festival' variety had greater accumulation of starch in roots, significantly higher than other genotypes, and yet the fresh and dry weight of their daughter plants was outstanding (Table 4).

By observing the fresh and dry weights of the daughter plants produced in Zirahuén (Table 3) and Tanaquillo (Table 4), it is very noticeable that plants of all varieties produced in the first nursery (high altitude) had greater weight. The difference in the variable dry weight is more noticeable, this is probably due to the high content of starch also found in the nursery of Zirahuén, but at the cost of lower production of daughter plants, as shown and discussed above (Tables 1 and 2).

The differences observed among varieties confirm what it was indicated by Durner *et al.* (1984), who mentioned that strawberry genotypes have different sensitivity to environmental factors in their response in vegetative growth, production of runners and subsequent fruiting.

CONCLUSIONS

The Festival variety, created in Florida, showed greater production capacity of runners and daughter plants than the Mexican varieties 'CP-Zamorana' and 'CP-Jacona', but these Mexican varieties go beyond the genotype of Californian variety 'Albion' in the production of plants in nursery at low altitude, although the lowest dry weight of daughter plant is for 'CP-Jacona'.

In the nursery of Zirahuén the 'Jacona' variety showed low production capacity of runners and daughter plants, but greater starch content. The final dry weight of this variety was similar to the dry weight of the American varieties.

There is a negative direct correlation between production of daughter plants and starch accumulation in root, which

cual es más notable en el vivero ubicado a menor altitud, en el que la producción de plantas hijas es mayor, pero con menor contenido de este compuesto de reserva en raíz.

En el vivero de menor altitud, las variedades Festival y CP-Jacona presentaron mayor número de plantas hijas por planta madre, pero el contenido de almidón fue mayor en 'Festival'.

En el vivero de Zirahuén, la acumulación de almidón en plantas hijas de fresa fue mayor, en contraste con plantas del vivero de menor altitud (Tanaquillo).

Hay una sensibilidad de respuesta notablemente diferente entre variedades a las diversas condiciones de altitud en las que se cultivan viveros para su multiplicación.

is most noticeable in the nursery located at lower altitudes, in which the production of daughter plants is higher, but with lower content of this compound of root reserve.

In the nursery at low altitude, both varieties 'Festival' and 'CP-Jacona' showed greater number of daughter plants per mother plant, but the 'Festival' variety had greater starch content.

In the nursery of Zirahuén, the accumulation of starch in daughter plants was greater, in contrast to the plants in the nursery at lower altitude (Tanaquillo).

There is a remarkably different sensitivity of response among varieties to the different conditions of altitude in which these plants were grown for multiplication.

LITERATURA CITADA

- AVIGDORI-AVIDOV, H. 1986. Strawberry. pp: 419-448. *In*: MONSELISE, S.P. (ed.). Fruit Set and Development. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- BARRERA, C. G.; SÁNCHEZ, B. C. 2003. Caracterización de la Cadena Agroalimentaria/Agroindustrial Nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. Morelia, Michoacán. México. 79 p.
- BARTLETTE, M. S. 1977. The effect of non-normality on the t-distribution. *Proceedings Cambridge Philos.*
- BRINGHURST, R. S.; VOTH, V.; HOOK, V. D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proceedings American Society for Horticultural Science* 75: 373-381.
- CÁRDENAS, N. R.; MANZO, G. A.; MURATALLA, A. L. 1992. Propagación de siete cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en el valenciano, Ixtlán de los Hervores, Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 78: 110-113.
- CHERCUITTE, L.; SULLIVAN, J. A.; DESJARDINS, Y. D.; BEDARD, R. 1991. Yield potential and vegetative growth of summer-planted strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 930-936.
- DIARIO OFICIAL. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de Variedades Vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.
- DINAR, M.; STEVENS, M. A. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106: 415-418.
- DRADI, R.; FAEDI, W.; CASADEI, R. 1999. Influenza dell'epoca di stirpazione dal vivaio sulle riserve glucidiche di pianta di fragola. *Frutticoltura* 6: 59-61.
- DURNER, E. F.; BARDEN, J. A.; HIMELRICK, D. G.; POLING, E. B. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, June-bearing and ever-bearing strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109: 396-400.
- GALLETA, G. J.; BRINGHURST, R. S. 1990. Strawberry management. *In*: GALLETA, G. J.; HIMELRICK D. G. (eds.). Small Fruit Crop Management. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J., USA. Pp: 83-156.
- GUTTRIDGE, C. G.; ANDERSON, H. M. 1975. The relationship between plant size and fruitfulness in strawberry in Scotland. *Horticulture Research* 13: 125-135.
- HANCOCK, J. F. 1999. Strawberries. CAB International Publishing. New York, NY, USA. 237 p.
- HIMELRICK, D. G.; GALLETTA, G. J. pp: 14-23. 1990. Factors that influence small fruit production. *In*: GALLETTA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (eds.), Small Fruit Crop Management. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
- INFANTE, G. S.; ZÁRATE DE LARA, G. P. 1990. Métodos Estadísticos. Editorial Trillas. México, D.F. 643 p.
- KAY, C. D.; HOLUB, B. J. 2002. The effect of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption on postprandial serum antioxidant status in human subjects. *British Journal of Nutrition* 88: 389-397.
- LIETEN, F. 1997. Relations of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plants. *Acta Horticulturae* 439: 623-626.
- LIETEN, F.; KINET, J. M.; BERNIER, G. 1995. Effect of prolonged cold storage on the production capacity of strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 60: 213-219.
- LÓPEZ, G. S.; MAROTO, J. V.; SAN BAUTISTA, A.; PASCUAL, B.; ALARGADA, J. 1997. Performance of the waiting-bed strawberry plant system compared to the traditional planting systems in Valencia, Spain. *Acta Horticulturae* 15: 461-465.
- MAAS J. L. 1986. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Advances in Strawberry Production* 5: 22-24.
- MAROTO, J. V.; LÓPEZ-GALARZA, S. A.; SAN BAUTISTA PASCUAL, B. 1997. Cold stored and fresh multicrown strawberry plants for autumn-winter production in eastern Spain. *Acta Horticulturae* 439: 545-548.
- MCCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables,

End of English Version

- Application to peas. *Annals Chemical* 22: 1156-1158.
- OLSSON, M. E.; EKVALL, J.; GUSTAVSSON, K. E.; NILSSON, J.; PILLAI, D.; SJOHOLM, I.; STVENSSON, U.; AKERSSON, B.; NYMAN, M. G. L. 2004. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch): effects of cultivar, ripening, and storage. *Journal of Agricultural and Food* 52: 2490-2498.
- OKASHA, K. H. A.; RAGAB, M. I. 1993. Cold stored effects on performance and yield of strawberry plants. *Acta Horticulturae* 348-277.
- RISSER, G. 1979. Le cycle physiologique annuel du fraisier. *P.H.M. Horticulture Research* 96: 37-40.
- SCHUPP, J.; HENNION, B. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Horticulturae* 439: 617-621.
- STAPLETON, S. C.; CHANDLER, C. K.; LEGARD, D. E.; PRICE, J. E.; SUMLER, J. C. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *Horticultural Technology* 11: 61-65.
- VINSON, J. A.; BOSE, P.; PROCH, J. H.; KHARRAT, A. L.; SAMMAN, N. 2008. Cranberries and cranberry products: Powerful *in vitro*, *ex vivo*, and *in vivo* sources of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(14): 84-589.