

Population densities and blunting levels for contrasting varieties of greenhouse tomatoes

Densidades de población y niveles de despunte para variedades contrastantes de jitomate en invernadero

Felipe Sánchez-del Castillo; Esaú del Carmen Moreno-Pérez*;
José Cutberto Vázquez-Rodríguez; Miguel Ángel González-Núñez

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

*Corresponding author: esaump10@yahoo.com.mx, tel. 595 (95) 21 500, ext. 6313

Abstract

Due to population growth, scarce arable area and environmental problems, the need to increase agricultural production leads to the use of intensive production systems such as hydroponics and greenhouses. The aim of this study was to evaluate the behavior of agronomic management in varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.), in particular the yield and its components in plants blunted or cut back to two and three clusters, established at different population densities. The varieties studied were: 'Imperial' (beef type), 'Moctezuma' (saladette type), 'Pick ripe' (beef type) and 'Serengueti' (saladette type). The first two show indeterminate growth and the other two determinate. Three population densities were established per blunting level (20, 16 and 12 plants·m⁻² for plants blunted above the second inflorescence, and 13, 10 and 7 plants·m⁻² for those blunted above the third inflorescence). A randomized complete block design was used with four replicates and a split-plot treatment arrangement with nested factors (densities within blunting levels). The beef varieties yielded 37 % more than the saladette ones. Among varieties with the same type of fruit, 'Imperial' yielded more than 'Pick ripe' and 'Moctezuma' surpassed 'Serengueti'; that is, the indeterminate varieties yielded more than the determinate ones. The highest yield of 'Imperial' (38.16 kg·m⁻² of cultivated area, equivalent to 25 kg·m⁻² of greenhouse area) and 'Moctezuma' (28.16 kg·m⁻² of cultivated area, equivalent to 18.7 kg·m⁻² of greenhouse area) was achieved by establishing 13 plants·m⁻² and blunting above the third inflorescence.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., hydroponics, greenhouse, pruning, population density.

Resumen

Debido al crecimiento poblacional, escasa superficie cultivable y problemas ambientales, la necesidad de incrementar la producción agrícola conlleva a utilizar sistemas de producción intensivos como hidroponía e invernaderos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento del manejo agronómico en variedades de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), en particular el rendimiento y sus componentes en plantas despuntadas a dos y tres racimos, establecidas a distintas densidades de población. Las variedades estudiadas fueron: 'Imperial' (tipo bola), 'Moctezuma' (tipo saladette), 'Pick ripe' (tipo bola) y 'Serengueti' (tipo saladette). Las primeras dos presentan crecimiento indeterminado y las otras dos determinado. Se establecieron tres densidades de población por nivel de despunte (20, 16 y 12 plantas·m⁻² para plantas podadas a la segunda inflorescencia, y 13, 10 y 7 plantas·m⁻² para aquellas despuntadas a la tercera inflorescencia). Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas con factores anidados (densidades dentro de niveles de podas). Las variedades tipo bola rindieron 37 % más que las saladette. Entre variedades con el mismo tipo de fruto, 'Imperial' rindió más que 'Pick ripe' y 'Moctezuma' superó a 'Serengueti'; es decir, las indeterminadas rindieron más que las determinadas. El rendimiento mayor de 'Imperial' (38.16 kg·m⁻² útil, equivalente a 25 kg·m⁻² de invernadero) y 'Moctezuma' (28.16 kg·m⁻² útil, equivalente a 18.7 kg·m⁻² de invernadero) se logró al establecer 13 plantas·m⁻² y despuntes a la tercera inflorescencia.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., hidroponía, invernadero, poda, densidad de población.

Please cite this article as follows (APA 6): Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., Vázquez-Rodríguez, J. C., & González-Núñez, M. Á., (2017). Population densities and blunting levels for contrasting varieties of greenhouse tomatoes. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(3), 163-174. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.01.003>



Revista Chapingo
Serie Horticultura

Introduction

The need to increase agricultural production in Mexico in light of population growth, scarce arable area, and climate and soil problems leads to the use of intensive production systems, such as hydroponics and greenhouses (Alpizar-Antillón, 2004; Resh, 2004). The cost of production with these technologies is high, so it is only suitable for crops with high economic value and a stable market to achieve high economic profitability.

In Mexico, the vegetable that is most managed under greenhouse and hydroponic conditions is the tomato (*Solanum lycopersicum* L.), which covers about 70 % of the total area cultivated with this technology (Ponce, Molina, Cepeda, Lugo, & Maccleery, 2015).

The greenhouse tomato production system, which is practiced in European countries and in North America, consists of using intermediate-growth, beef-type cultivars with population densities of 2 to 3 plants·m⁻² that are left to grow to more than 7 m in height. The aim is to harvest from 20 to 25 clusters in a period of 10 to 11 months, from transplant to harvest, with yields that can reach 500 t·ha⁻¹·year⁻¹ in high-technology greenhouses (Peet & Welles, 2005; Resh, 2004). This system is also the most used by large companies that produce under greenhouse conditions in Mexico. Although the yield is high, its drawback is that the crop cycle is very long, so the plants are exposed for a longer time to possible damage caused by pests and diseases. In addition, agricultural tasks such as pruning and training are technically difficult to perform, and fruit weight decreases as the last clusters are harvested (Ponce et al., 2015).

High technology, which includes very tall greenhouses and sophisticated equipment for environmental control, raises the cost of production per kilogram of fruit, so it is only profitable if there are select markets or if the product is for export. This situation is difficult for small and medium greenhouse producers, which in Mexico account for at least 95 % of the total (Ponce et al., 2015).

At the Universidad Autónoma Chapingo, Mexico, Méndez-Galicia, Sánchez-del Castillo, Sahagún-Castellanos, and Contreras-Magaña (2005), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, and Cruz-Arellanes (2009), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, Coatzín-Ramírez, Colinas-León, and Peña-Lomelí (2010), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, and Contreras-Magaña (2012) and Sánchez-del Castillo and Ponce-Ocampo (1998) have developed an alternative, hydroponic greenhouse tomato production system, which is based on shortening the crop cycle, from transplant to final harvest, to less than four months. To do this, early blunting (pruning of the main apex) of the plant is performed to allow only the fruits of the first two or three clusters to grow, in population densities ranging from 8 to

Introducción

La necesidad de incrementar la producción agrícola en México en una situación de crecimiento poblacional, escasa superficie cultivable, y problemas con el clima y el suelo, conlleva a utilizar sistemas de producción intensivos, como el uso de hidroponía e invernaderos (Alpizar-Antillón, 2004; Resh, 2004). El costo de producción con estas tecnologías es elevado, por lo que sólo es propio para cultivos de valor económico alto y con mercado para lograr rentabilidad económica elevada.

En México, la hortaliza que más se maneja bajo invernadero e hidroponía es el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), la cual abarca alrededor de 70 % de la superficie total cultivada con dicha tecnología (Ponce, Molina, Cepeda, Lugo, & Maccleery, 2015).

El sistema de producción de jitomate en invernadero, que se practica en países europeos y en América del Norte, consiste en utilizar cultivares de tipo bola y de crecimiento indeterminado, con densidades de población de 2 a 3 plantas·m⁻² que se dejan crecer a más de 7 m de altura. Lo anterior con el propósito de cosechar de 20 a 25 racimos en un periodo de 10 a 11 meses, de trasplante a fin de cosecha, con rendimientos que pueden alcanzar 500 t·ha⁻¹·año⁻¹ en invernaderos de alta tecnología (Peet & Welles, 2005; Resh, 2004). Este sistema también es el más utilizado por grandes empresas de producción bajo invernadero en México. Si bien el rendimiento que se obtiene es alto, tiene el inconveniente de que el ciclo de cultivo es muy largo, por lo que las plantas están expuestas por más tiempo al posible daño causado por plagas y enfermedades. Además, las labores agrícolas como podas y tutoros resultan técnicamente difícil de realizar, y el peso de frutos va disminuyendo conforme se cosechan los últimos racimos (Ponce et al., 2015).

La alta tecnología, que incluye invernaderos muy altos y equipos sofisticados para el control ambiental, eleva el costo de producción por kilogramo de fruto, por lo que sólo resulta rentable si se cuenta con mercados selectos o si el producto es para exportación. Dicha situación se dificulta para los pequeños y medianos productores bajo invernadero, que en México representan al menos 95 % del total (Ponce et al., 2015).

En la Universidad Autónoma Chapingo, México, Méndez-Galicia, Sánchez-del Castillo, Sahagún-Castellanos, y Contreras-Magaña (2005), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, y Cruz-Arellanes (2009), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, Coatzín-Ramírez, Colinas-León, y Peña-Lomelí (2010), Sánchez-del Castillo, Moreno-Pérez, y Contreras-Magaña (2012) y Sánchez-del Castillo y Ponce-Ocampo (1998) han desarrollado un sistema alternativo de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero, el cual se basa en acortar el ciclo de cultivo, de trasplante

12 plants·m⁻² and combined with the transplant of seedlings older than those normally used (late transplant).

Comparing the system of short cycles and high population density with the conventional one characterized by low density and many clusters per plant, yield per plant is lower in the former, but per unit area is partially compensated by using a higher population density, which is possible due to the smaller leaf area formed by the plant (Sánchez-del Castillo et al., 2010). The crop cycle, from transplant to final harvest, is shortened so much that it is possible to achieve at least three cycles per year, which allows for high annual productivity, even more than what is obtained with the conventional system (Sánchez-del Castillo & Ponce-Ocampo, 1998; Sánchez-del Castillo et al., 2012). With the shortened crop cycle, phytosanitary problems are also reduced and it is possible to concentrate the crop in domestic market sales when the price is high, giving the producer a greater economic benefit (Sánchez-del Castillo & Corona-Sáez, 1994). In addition, lower-height greenhouses with fewer technological requirements can be used, which significantly reduces the cost of production.

The use of tomato varieties with a determinate growth habit is not common in greenhouses, but for the proposed blunting systems, where only three clusters are left per plant, these varieties may be appropriate. This is due to the fact that, in general, they have less leaf area per plant, lower height and, consequently, less mutual shading for the high population densities that are managed (Méndez-Galicia et al., 2005).

Previous studies with indeterminate-habit cultivars have allowed the establishment of a suitable population density to achieve the highest yield possible per unit area without reducing average fruit size (Sánchez-del Castillo & Corona-Sáez, 1994; Sánchez-del Castillo & Ponce-Ocampo, 1998). However, for recent determinate and indeterminate varieties on the market, optimum population densities have not been established with this management.

Therefore, the objective of this study was to evaluate the behavior of agronomic management in tomato varieties (with different fruit type and growth habit), in particular the yield and its components in plants blunted to two and three clusters, established at different population densities.

Materials and methods

This study was carried out in a greenhouse located at the *Universidad Autónoma Chapingo* Experimental Station in Chapingo, Mexico, at 19° 29' North latitude, 98° 53' West longitude and 2,250 masl.

The yield and its components (fruit weight and number), as well as plant height and the leaf

a fin de cosecha, a menos de cuatro meses. Para ello, se realiza el despunte temprano (poda del ápice principal) de la planta para dejar crecer solamente los frutos de los dos o tres primeros racimos, en densidades de población que oscilan entre 8 y 12 plantas·m⁻² y combinado con el trasplante de plántulas de mayor edad a la que normalmente se usa (trasplante tardío).

Comparando el sistema de ciclos cortos y densidad de población alta con el convencional de densidad baja y muchos racimos por planta, el rendimiento por planta es menor en el primero, pero por unidad de superficie se compensa parcialmente al utilizar densidad de población mayor; lo cual es posible por el área foliar menor que se forma por planta (Sánchez-del Castillo et al., 2010). El ciclo de cultivo, de trasplante a fin de cosecha, se acorta tanto que es posible lograr al menos tres ciclos por año; lo que permite obtener productividad anual alta, incluso, más de lo que se obtiene con el sistema convencional (Sánchez-del Castillo & Ponce-Ocampo, 1998; Sánchez-del Castillo et al., 2012). Con la reducción del ciclo de cultivo también se disminuyen problemas fitosanitarios y es posible concentrar la cosecha en ventas de mercado nacional cuando el precio es alto, dándole al productor un beneficio económico mayor (Sánchez-del Castillo & Corona-Sáez, 1994). Además, se pueden utilizar invernaderos de menor altura y con menos exigencias tecnológicas, lo que reduce de manera importante el costo de producción.

El uso de variedades de jitomate con hábito de crecimiento determinado no es común en invernaderos, pero para los sistemas propuestos de despunte, donde se dejan solamente tres racimos por planta, este tipo de variedades podrían ser apropiadas. Esto debido a que, en general, presentan menor área foliar por planta, menor altura y, en consecuencia, menor sombreado mutuo para las altas densidades de población que se manejan (Méndez-Galicia et al., 2005).

Estudios previos con cultivares de hábito indeterminado han permitido establecer la densidad de población adecuada para lograr el mayor rendimiento por unidad de superficie sin menoscabo del tamaño medio de fruto (Sánchez-del Castillo & Corona-Sáez, 1994; Sánchez-del Castillo & Ponce-Ocampo, 1998). Sin embargo, para variedades determinadas e indeterminadas recientes en el mercado, no se han establecido las densidades de población óptimas con este manejo.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento del manejo agronómico en variedades de jitomate (con diferente tipo de fruto y hábito de crecimiento), en particular el rendimiento y sus componentes en plantas despuntadas a dos y tres racimos, establecidas a distintas densidades de población.

area index of four contrasting tomato varieties were compared: 'Imperial' (beef-type fruit and indeterminate growth), 'Pick ripe' (beef-type fruit and determinate growth), 'Moctezuma' (saladette-type fruit and indeterminate growth) and 'Serengueti' (saladette-type growth and determinate growth). Each variety was evaluated at two blunting levels (removal of the terminal bud two leaves above the second or third inflorescence formed). Within each blunting level, three population densities were established (20, 16 and 12 plants·m⁻² when two inflorescences were left, and 13, 10 and 7 plants·m⁻² when three were left).

To achieve the indicated densities, the plants were placed in 1 m wide growing beds with 50 cm aisles. The distances between plants and rows within the beds were: 22.5 x 22 cm (20 plants·m⁻²), 20 x 30 cm (16 plants·m⁻²), 25.5 x 30 cm (13 plants·m⁻²), 27.5 x 30 cm (12 plants·m⁻²), 33 x 30 cm (10 plants·m⁻²) and 30 x 50 cm (7 plants·m⁻²).

A randomized complete block design with four replicates was used in a split-plot treatment arrangement with nested factors (densities within blunting levels). From the combination of four varieties, with two tipping levels and three population densities, there were 24 treatments. The small-plot experimental unit was 1.5 m long by the width of the bed, which was 1 m (1.5 m²).

Seeding was done in 60-cavity trays (with a rootball volume of approximately 200 cm³), using as substrate a mixture of peat moss with perlite at a ratio of 1:1 (v/v). Once the seed was placed it was covered with a 0.5 cm layer of vermiculite and heavily irrigated with water. From the onset, the seedlings were irrigated with a nutrient solution at 50 % of its normal concentration and 15 days later the 100 % solution was used. The solution contained the following elements and concentrations (mg·L⁻¹): N = 250, P = 50, K = 250, Ca = 280, Mg = 50, S = 150, Fe = 2, Mn = 1, B = 0.5, Cu = 0.1 and Zn = 0.1. This was used throughout the crop cycle.

The transplant was performed 40 days after sowing (das). The growing beds were 0.3 m deep and filled with red tezontle sand (with most of its particles between 1 and 3 mm in diameter). The blunting was carried out two leaves above the second or third inflorescence formed, according to the treatment, which occurred between 80 and 90 das.

In due course, the required cultural practices such as leaf and side shoot pruning, training, blunting, pollination, and pest and disease control, among others, were carried out according to a protocol established for the crop.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, a 19° 29' latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y 2,250 msnm.

Se comparó el rendimiento y sus componentes (peso y número de frutos), así como altura de planta e índice de área foliar de cuatro variedades de jitomate contrastantes: 'Imperial' (fruto tipo bola y crecimiento indeterminado), 'Pick ripe' (fruto tipo bola y crecimiento determinado), 'Moctezuma' (fruto tipo saladette y crecimiento indeterminado) y 'Serengueti' (fruto tipo saladette y crecimiento determinado). Cada variedad se evaluó a dos niveles de despunte (eliminación de la yema terminal dos hojas arriba de la segunda o tercera inflorescencia formada). Dentro de cada nivel de despunte, se establecieron tres densidades de población (20, 16 y 12 plantas·m⁻² cuando se dejaron dos inflorescencias, y 13, 10 y 7 plantas·m⁻² cuando se dejaron tres).

Para lograr las densidades señaladas, las plantas se colocaron en camas de cultivo de 1 m de ancho con pasillos de 50 cm. Las distancias entre plantas e hileras dentro de las camas fueron: 22.5 x 22 cm (20 plantas·m⁻²), 20 x 30 cm (16 plantas·m⁻²), 25.5 x 30 cm (13 plantas·m⁻²), 27.5 x 30 cm (12 plantas·m⁻²), 33 x 30 cm (10 plantas·m⁻²) y 30 x 50 cm (7 plantas·m⁻²).

Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en un arreglo de tratamientos de parcelas subdivididas con factores anidados (densidades dentro de niveles de despunte). De la combinación de cuatro variedades, con dos niveles de despunte y tres densidades de población se tuvieron 24 tratamientos. La unidad experimental de parcela chica fue de 1.5 m de largo por el ancho de la cama que fue de 1 m (1.5 m²).

La siembra se realizó en charolas de 60 cavidades (con volumen de cepellón de aproximadamente 200 cm³), usando como sustrato una mezcla de *peat-moss* con perlita en proporción 1:1 (v/v). Una vez colocada la semilla se tapó con una capa de vermiculita de 0.5 cm y se irrigó con agua profusamente. A partir de la nacencia, las plántulas se regaron con una solución nutritiva al 50 % de su concentración normal y 15 días después se utilizó la solución al 100 %. La solución contenía los siguientes elementos y concentraciones (mg·L⁻¹): N = 250, P = 50, K = 250, Ca = 280, Mg = 50, S = 150, Fe = 2, Mn = 1, B = 0.5, Cu = 0.1 y Zn = 0.1. Ésta se utilizó durante todo el ciclo del cultivo.

El trasplante se efectuó a los 40 días después de la siembra (dds). Las camas de cultivo tenían 0.3 m de profundidad y estaban rellenas con arena de tezontle rojo (con la mayoría de sus partículas entre 1 y 3 mm

The variables evaluated were:

1. Plant height. Using a tape measure, it was measured from the base of the stem to the highest leaf at the start of the harvest.
2. Leaf area index. It was measured using a leaf area integrator (LI-3100, LI-COR, Lincoln, Nebraska, U.S.A.) at the start of the harvest.
3. Number of fruits per plant and per ground unit area (m²).
4. Average fruit weight per plant and per ground unit area (m²).
5. Yield per plant (kg·plant⁻¹) and per ground unit area (kg·m⁻²).

The obtained data were submitted to an analysis of variance and Tukey's range test ($P \leq 0.05$), using Statistical Analysis System software (SAS, 2002).

Results and discussion

The analysis of variance shows that there were significant effects among varieties, between blunting levels and among population densities for all yield variables and its components, as well as plant height and leaf area index. In addition, there was interaction between variety and blunting level for fruit weight (Figure 1).

In the average of blunting levels and population densities, it was observed that the varieties with ball-type fruit yielded significantly more (about 37 %) than the saladette ones (Table 1). The difference was that the ball-type fruits weighed on average 70 g more than the saladette ones, while in the number of fruits per unit area they were similar.

Although saladette tomato is easier to market in Mexico than the beef type, the average annual price it reaches on the domestic market is usually 30 % higher (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados [SNIIM], 2016). Therefore, growing ball-type varieties may be a better option for the country's small-scale producers. Nevertheless, the saladette type, by customs and traditions, is more used in the preparation of typical Mexican dishes.

As expected, due to the genetic characteristics of the materials, the indeterminate-growth varieties ('Imperial' and 'Moctezuma') reached a higher plant height than the determinate ones. In leaf area index, 'Imperial' statistically outperformed 'Serengueti' (Table 1).

Among beef varieties, 'Imperial' was statistically superior in yield to 'Pick ripe' (determinate growth), as it formed more fruits per unit area. Therefore, from

de diámetro). El despunte se llevó a cabo dos hojas por encima de la segunda o tercera inflorescencia formada, según el tratamiento, lo que ocurrió entre 80 y 90 dds.

Oportunamente, se efectuaron las prácticas culturales requeridas como poda de hojas, brotes laterales, tutorado, despunte, polinización, control de plagas y enfermedades, entre otras conforme a un protocolo establecido para el cultivo.

Las variables evaluadas fueron:

1. Altura de plantas. Con el apoyo de una cinta métrica, se midió de la base del tallo a la hoja más alta al momento de inicio de la cosecha.
2. Índice de área foliar. Se midió con el apoyo de un integrador de área foliar (LI-3100, LI-COR, Lincoln, Nebraska, E.U.A) al inicio de la cosecha.
3. Número de frutos por planta y por unidad de superficie (m²).
4. Peso medio de fruto por planta y por unidad de superficie (m²).
5. Rendimiento por planta (kg·planta⁻¹) y por unidad de superficie (kg·m⁻²).

Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando para ello el programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2002).

Resultados y discusión

El análisis de varianza muestra que hubo efectos significativos entre variedades, entre niveles de despunte y entre densidades de población para todas las variables de rendimiento y sus componentes, así como en altura de planta e índice de área foliar. Además, hubo interacción entre variedad y nivel de despunte para peso de fruto (Figura 1).

En el promedio de niveles de despunte y densidades de población, se observó que las variedades con fruto tipo bola rindieron significativamente más (alrededor de 37 %) que las de tipo saladette (Cuadro 1). La diferencia se debió a que los frutos tipo bola pesaron en promedio 70 g más que los de tipo saladette; mientras que en el número de frutos por unidad de superficie resultaron similares.

Aunque en México, el jitomate saladette es más fácil de comercializar que el tipo bola, el precio promedio anual que éste alcanza en el mercado nacional normalmente es 30 % mayor (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados [SNIIM], 2016). Por lo tanto, el cultivo de variedades tipo bola puede ser mejor opción

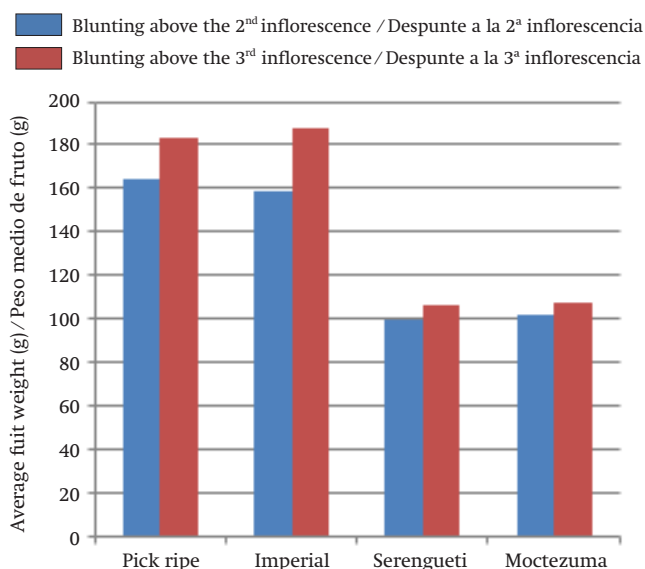


Figure 1. Interaction between varieties and blunting level for average fruit weight.

Figura 1. Interacción entre variedades y nivel de despunte para peso medio de fruto.

the commercial point of view, it is more advisable to use the 'Imperial' variety, which on average yielded 29.6 kg·m⁻² of cultivated area (equivalent to 19.7 kg·m⁻² of greenhouse area or 197 t·ha⁻¹) in a cycle, from transplant to final harvest, of 100 days, under the established management system.

As for saladette varieties, 'Moctezuma' yielded significantly more (21.6 kg·m⁻²) than 'Serengueti' (17.6 kg·m⁻²), also as a result of a higher number of fruits harvested, since in fruit weight there was no difference. Plant height and leaf area index were also significantly lower for 'Serengueti', which may

para los pequeños productores del país. No obstante, el tipo saladette, por usos y costumbres, es más usado en la preparación de platillos típicos mexicanos.

Como era de esperarse, por las características genéticas de los materiales, las variedades de crecimiento indeterminado ('Imperial' y 'Moctezuma') alcanzaron mayor altura de planta que las determinadas. En índice de área foliar, 'Imperial' superó estadísticamente a 'Serengueti' (Cuadro 1).

Entre las variedades tipo bola, 'Imperial' fue estadísticamente superior en rendimiento que 'Pick ripe' (crecimiento determinado), al formar más frutos por unidad de superficie. Por lo que, desde el punto de vista comercial, es más recomendable el uso de la variedad 'Imperial', que en promedio rindió 29.6 kg·m⁻² útil (equivalente a 19.7 kg·m⁻² de invernadero o 197 t·ha⁻¹) en un ciclo, de trasplante a fin de cosecha, de 100 días, bajo el sistema de manejo establecido.

Respecto de las variedades tipo saladette, 'Moctezuma' rindió significativamente más (21.6 kg·m⁻²) que 'Serengueti' (17.6 kg·m⁻²), también como resultado de un mayor número de frutos cosechados, pues en peso de fruto no hubo diferencia. La altura de planta y el índice de área foliar también fueron significativamente menores para 'Serengueti', lo que puede explicar, en parte, su menor número de frutos por unidad de superficie y en consecuencia su menor rendimiento. Gardner, Pearce, y Mitchel (1990) y Taiz y Zeiger (2006) señalan que el área foliar por planta está correlacionada con el porcentaje de interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y por ende con la mayor formación de fotoasimilados.

Las diferencias encontradas en rendimiento, peso y número de frutos entre variedades probablemente

Table 1. Comparison of means of yield, fruit weight, number of fruits, plant height and leaf area index among different types of tomato varieties.

Cuadro 1. Comparación de medias de rendimiento, peso de fruto, número de frutos, altura de planta e índice de área foliar entre distintos tipos de variedades de jitomate.

Variety/ Variedad	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Number of fruits (fruits·m ⁻² cultivated area)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Average fruit weight (g)/ Peso medio de fruto (g)	Plant height (cm)/ Altura de planta (cm)	Leaf area index/ Índice de área foliar
Imperial	29.6 a ^z	173 b	173 a	90.9 a	4.99 a
Pick ripe	25.8 b	151 c	174 a	61.6 b	3.49 ab
Moctezuma	21.6 c	209 a	104 b	99.2 a	3.52 ab
Serengueti	17.6 d	173 b	103 b	63.4 b	1.89 b
HSD/DMSH	3.7	22	13.1	21.8	1.64

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).
HSD: honest significant difference.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

explain, in part, its lower number of fruits per unit area and consequently its lower yield. Gardner, Pearce, and Mitchel (1990) and Taiz and Zeiger (2006) indicate that leaf area per plant is correlated with the photosynthetically active radiation (PAR) interception percentage and therefore with the greater formation of photoasimilates.

The differences found in yield, weight and number of fruits among varieties are probably defined by genetic traits such as fruit type, growth habit, leaf area per plant, and photosynthetic efficiency, among others (Grandillo, Zamir, & Tanksley, 1999; Monamodi, Lungo, & Fite, 2013; Sánchez-del Castillo, Ortiz-Cereceres, Mendoza-Castillo, González-Hernández, & Colinas-León, 1999).

In the general average of varieties and population densities (Table 2), yield per unit area between blunting to two and three clusters per plant was statistically the same.

With blunting to leave two clusters per plant, more fruits per unit area were obtained than with the plants blunted to three clusters, but average fruit weight decreased. A possible explanation of the difference observed based on the pruning level is that, according to the dates on which the experiment was carried out (July to December 2012), several cloudy days were recorded during the growth period of the first two clusters, while the solar radiation conditions were more favorable for the growth of the third-cluster fruits.

According to information from the *Universidad Autónoma Chapingo* weather station, during the logarithmic growth phase of the fruits of the first cluster (between

están definidas por caracteres genéticos como tipo de fruto, hábito de crecimiento, área foliar por planta, eficiencia fotosintética, entre otros (Grandillo, Zamir, & Tanksley, 1999; Monamodi, Lungo, & Fite, 2013; Sánchez-del Castillo, Ortiz-Cereceres, Mendoza-Castillo, González-Hernández, & Colinas-León, 1999).

En el promedio general de variedades y densidades de población (Cuadro 2), el rendimiento por unidad de superficie entre el despunte a dos y tres racimos por planta fue estadísticamente igual.

Con el despunte para dejar dos racimos por planta se tuvieron más frutos por unidad de superficie que con las plantas despuntadas a tres racimos, pero disminuyó el peso medio de fruto. Una posible explicación de la diferencia observada según el nivel de poda es que, de acuerdo con las fechas en que se realizó el experimento (julio a diciembre de 2012), se registraron varios días nublados durante el periodo de crecimiento de los dos primeros racimos; mientras que las condiciones de radiación solar fueron más favorables para el crecimiento de los frutos del tercer racimo.

De acuerdo con información de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, durante el crecimiento logarítmico de los frutos del primer racimo (entre el 16 de octubre y el 14 de noviembre) se tuvieron 253 horas de sol, para el segundo racimo (entre el 26 de octubre y el 24 de noviembre) 237 horas y para el tercer racimo (entre el 5 de noviembre y el 4 de diciembre) fueron 299 horas de luz solar. Lo anterior se tradujo en mayor peso de fruto, sobre todo para aquellos tipo bola del tercer racimo.

Table 2. Comparison of means of yield, fruit weight, number of fruits, plant height and leaf area index between blunting levels in tomato plants.

Cuadro 2. Comparación de medias de rendimiento peso de fruto, número de frutos, altura de planta e índice de área foliar entre niveles de despunte en plantas de jitomate.

Tipping level/ Nivel de despunte	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Number of fruits (fruits·m ⁻² cultivated area)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Fruit weight (g)/ Peso de fruto (g)	Plant height (cm)/ Altura de planta (cm)	Leaf area index/ Índice de área foliar
Two clusters/ Dos racimos	23.52 a ²	183 a	131 b	73.4 b	3.62 a
Three clusters/ Tres racimos	23.83 a	169 b	146 a	84.3 a	3.33 a
HSD/DMSH	1.34	6.99	5.6	7.4	0.5

²Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).
HSD: honest significant difference.

²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

October 16 and November 14) there were 253 hours of sunshine, for the second cluster (between October 26 and November 24) 237 hours and for the third cluster (between 5 November and 4 December) 299 hours. This resulted in greater fruit weight, especially for those beef-type ones of the third cluster.

Heuvelink and Dorais (2005) and Ho and Hewitt (1986) mention that the growth and size of tomato fruits depends, in addition to their genetic determination (cherry, beef, saladette), on environmental factors, with the daily incident PAR integral and temperature being the main ones in their rapid growth stage. On the other hand, in leaf area index there were no differences between blunting levels (Table 2).

Between the beef tomato varieties, 'Imperial' was superior in yield and number of fruits per unit area to 'Pick ripe', and between the saladette ones, 'Moctezuma' outperformed 'Serengueti' in the same variables. Therefore, only the population density results within each blunting level for the variety of each type with higher yield are presented.

'Imperial' variety

With blunting to leave three clusters per plant (Table 3), the highest yield per unit area was obtained with the highest population density (13 plants·m⁻²), achieving 38.16 kg·m⁻² of cultivated area in a period of 100 days (with seedlings transplanted at 40 das). The yield and number of fruits per plant did not differ statistically among the three evaluated population densities; therefore, the number of fruits and yield per unit area increased significantly with the highest density. However, there was a decrease in average fruit weight relative to the lowest density (7 plants·m⁻²),

Heuvelink y Dorais (2005) y Ho y Hewitt (1986) mencionan que el crecimiento y tamaño de los frutos de jitomate depende, además de su determinación genética (cherry, bola, saladette), de factores ambientales, siendo la integral diaria de RFA incidente y la temperatura los principales en su etapa de crecimiento rápido. Por otra parte, en índice de área foliar no hubo diferencias entre niveles de despunte (Cuadro 2).

Entre las variedades de tomate bola, 'Imperial' fue superior en rendimiento y número de frutos por unidad de superficie que 'Pick ripe', y entre las de tipo saladette, 'Moctezuma' superó a 'Serengueti' en las mismas variables. Por ello, solamente se presentan los resultados de densidades de población dentro de cada nivel de despunte para la variedad de cada tipo con mayor rendimiento.

Variedad 'Imperial'

Con el despunte para dejar tres racimos por planta (Cuadro 3), el mayor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo con la densidad de población más alta (13 plantas·m⁻²), lográndose 38.16 kg·m⁻² útil en un periodo de 100 días (con plántulas trasplantadas a los 40 dds). El rendimiento y el número de frutos por planta no difirieron estadísticamente entre las tres densidades de población evaluadas; por lo que, el número de frutos y el rendimiento por unidad de superficie se incrementaron significativamente con la mayor densidad. Sin embargo, se tuvo una disminución en el peso medio de los frutos respecto de la densidad más baja (7 plantas·m⁻²), con una diferencia de 21 g. No obstante, el peso promedio de los frutos, logrado con la densidad alta (183 g), es aceptable en el mercado del jitomate bola.

Table 3. Comparison of means of yield and its components per unit area and per plant, for different population densities in 'Imperial' tomato variety with plants blunted to the third cluster.

Cuadro 3. Comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y por planta, para distintas densidades de población en jitomate variedad 'Imperial' con plantas despuntadas al tercer racimo.

Density (plants·m ⁻² cultivated area)/ Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Yield (kg·plant ⁻¹)/ Rendimiento (kg·planta ⁻¹)	Number of fruits (fruits·m ⁻²)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Number of fruits (fruits·plant ⁻¹)/ Número de frutos (frutos·planta ⁻¹)	Average fruit weight (g)/ Peso medio de fruto (g)
13	38.16 a ^z	2.94 a	209 a	16 a	183 b
10	28.28 b	2.83 a	161 b	16 a	176 b
7	25.37 b	3.62 a	125 b	18 a	204 a
HSD/DMSH	8.26	0.85	47	4.89	16.6

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).
HSD: honest significant difference.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

with a difference of 21 g. Nevertheless, the average fruit weight, achieved with the high density (183 g), is acceptable in the beef tomato market.

Sánchez-del Castillo and Corona-Sáez (1994) and Sánchez-del Castillo and Ponce-Ocampo (1998) reported similar results when evaluating different population densities and tipping levels in tomato.

With blunting to two clusters per plant (Table 4), the yield per plant, number of fruits per plant and average fruit weight did not present statistical differences among the three densities (12, 16 and 20 plants·m⁻²), but the number of fruits and yield per unit area differed significantly between the lowest and highest density, although none of the three densities varied statistically in yield per plant. Since between 16 and 20 plants·m⁻² there were no statistical differences in yield per m², 16 plants·m⁻² could be considered as the most advisable for the management to two clusters, because with fewer plants per unit area there would be a considerable decrease in the cost of production, as fewer seeds (which are costly) and less labor would be used for the different cultural tasks carried out.

Although the analysis performed on varieties and population densities showed no statistical differences in yield per unit area (Table 2), the results presented in Tables 3 and 4 make it clear that in the 'Imperial' variety the highest yield is achieved with blunting to three clusters (approximately 25 kg·m⁻² of greenhouse). With this management three cultivation cycles could be achieved per year, so that it would be possible to obtain a potential yield of 750 t·ha⁻¹·year⁻¹, which is even higher than those reported in countries such as Holland where high technology is used and, therefore, production costs are very high (Peet & Welles, 2005).

Sánchez-del Castillo y Corona-Sáez (1994) y Sánchez-del Castillo y Ponce-Ocampo (1998) reportaron resultados similares al evaluar distintas densidades de población y niveles de despunte en jitomate.

Con el despunte a dos racimos por planta (Cuadro 4), el rendimiento por planta, el número de frutos por planta y el peso medio de fruto no presentaron diferencias estadísticas entre las tres densidades (12, 16 y 20 plantas·m⁻²), pero el número de frutos y el rendimiento por unidad de superficie difirió significativamente entre la menor y mayor densidad; aunque ninguna de las tres densidades varió estadísticamente en cuanto a rendimiento por planta. Como entre 16 y 20 plantas·m⁻² no hubo diferencias estadísticas en el rendimiento por m², podría considerarse que 16 plantas·m⁻² es la más recomendable para el manejo a dos racimos; ya que con menos plantas por unidad de superficie se tendría una disminución importante en el costo de producción, pues se ocuparían menos semillas (que son costosas) y menos mano de obra para las distintas labores culturales que se llevan a cabo.

Aunque el análisis realizado en variedades y densidades de población no mostró diferencias estadísticas en cuanto a rendimiento por unidad de superficie (Cuadro 2), los resultados presentados en los Cuadros 3 y 4 dejan claro que en la variedad 'Imperial' el mayor rendimiento se logra con el despunte a tres racimos (aproximadamente 25 kg·m⁻² de invernadero). Con este manejo se podrían lograr tres ciclos de cultivo al año; por lo que sería posible obtener un rendimiento potencial de 750 t·ha⁻¹·año⁻¹, que es incluso mayor a los que se reportan en países como Holanda en donde se utiliza alta tecnología y, por lo tanto, costos de producción muy elevados (Peet & Welles, 2005).

Table 4. Comparison of means of yield and its components per unit area and per plant, for different population densities in 'Imperial' tomato variety with plants tipped to the second cluster.

Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y por planta, para distintas densidades de población en jitomate variedad 'Imperial' con plantas despuntadas al segundo racimo.

Density (plants·m ⁻² cultivated area)/ Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Yield (kg·plant ⁻¹)/ Rendimiento (kg·planta ⁻¹)	Number of fruits (fruits·m ⁻²)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Number of fruits (fruits·plant ⁻¹)/ Número de frutos (Frutos·planta ⁻¹)	Average fruit weight (g)/ Peso medio de fruto (g)
20	33.23 a ^z	1.66 a	216 a	11 a	154 a
16	29.06 ab	1.82 a	186 b	12 a	156 a
12	23.75 b	1.98 a	143 c	12 a	166 a
HSD/DMSH	5.843	0.39	18.7	2.01	19.7

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).
HSD: honest significant difference.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

'Moctezuma' variety

In Table 5 it can be seen that with plants blunted to the third cluster, yield per unit area with 13 plants·m⁻² was almost double (29.28 kg·m⁻²) with respect to 7 plants·m⁻² (15.78 kg·m⁻²). This was due to the fact that with the highest density the number of fruits per unit area almost doubled, even though average fruit weight decreased from 116 to 104 g. The yield with 13 plants·m⁻² was greater than with 10 plants·m⁻², but in this case the average fruit weight did not vary statistically.

On the other hand, when blunting was done to two clusters per plant (Table 6), the yield obtained with the 20 and 16 plants·m⁻² densities did not differ statistically (24.2 and 23.3 kg·m⁻², respectively), because although with the higher density more fruits were obtained per area, average fruit weight tended to decrease, and even the number of fruits per plant was significantly affected. With the lowest density (12 plants·m⁻²), the number of fruits per square meter decreased so much that the yield per unit area was significantly reduced compared to the other densities and average fruit weight was not higher.

Interestingly, in the 'Moctezuma' variety the highest yield per unit area (29.28 kg·m⁻² of cultivated area, equivalent to 19.3 kg·m⁻² of greenhouse) is also achieved with tipping to three clusters at a density of 13 plants·m⁻², similar to what happened with 'Imperial'. With three cycles per year, an annual yield of about 580 t·ha⁻¹ would be obtained, almost twice as much as is normally obtained by tomato growers under greenhouse conditions in Mexico with the conventional system of long crop cycles (Castellanos & Borbón-Morales, 2008).

Variedad 'Moctezuma'

En el Cuadro 5 se observa que con las plantas despuntadas al tercer racimo, el rendimiento por unidad de superficie con 13 plantas·m⁻² fue casi el doble (29.28 kg·m⁻²) respecto a 7 plantas·m⁻² (15.78 kg·m⁻²). Esto debido a que con la densidad más alta casi se duplicó también el número de frutos por unidad de superficie, a pesar de que el peso medio de fruto disminuyó de 116 a 104 g. El rendimiento con 13 plantas·m⁻² fue mayor que con 10 plantas·m⁻², pero en este caso el peso medio de fruto no varió estadísticamente.

Por otro lado, cuando el despunte se hizo a dos racimos por planta (Cuadro 6), el rendimiento obtenido con las densidades 20 y 16 plantas·m⁻² no difirió estadísticamente (24.2 y 23.3 kg·m⁻², respectivamente); ya que aunque con la densidad mayor se tuvieron más frutos por área, el peso medio de fruto tendió a disminuir, e incluso el número de frutos por planta se afectó de manera significativa. Con la densidad más baja (12 plantas·m⁻²), el número de frutos por metro cuadrado disminuyó tanto que el rendimiento por unidad de superficie se redujo de manera significativa respecto de las otras densidades y el peso medio de fruto no fue mayor.

Se puede destacar que en la variedad 'Moctezuma', el mayor rendimiento por unidad de superficie (29.28 kg·m⁻² útil, equivalente a 19.3 kg·m⁻² de invernadero) también se logra con el despunte a tres racimos a una densidad de 13 plantas·m⁻², de manera similar a como ocurrió con 'Imperial'. Con tres ciclos al año, se obtendría un rendimiento anual de alrededor de 580 t·ha⁻¹; casi el doble de lo que normalmente obtienen los productores de jitomate bajo invernadero en México con el sistema convencional de ciclos largos de cultivo (Castellanos & Borbón-Morales, 2008).

Table 5. Comparison of means of yield and its components per unit area and per plant, for different population densities in 'Moctezuma' tomato variety with plants tipped to the third cluster.

Cuadro 5. Comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y por planta, para distintas densidades de población en jitomate variedad 'Moctezuma' con plantas despuntadas al tercer racimo.

Density (plants·m ⁻² cultivated area)/ Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Yield (kg·plant ⁻¹)/ Rendimiento (kg·planta ⁻¹)	Number of fruits (fruits·m ⁻²)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Number of fruits (fruits·plant ⁻¹)/ Número de frutos (frutos·planta ⁻¹)	Average fruit weight (g)/ Peso medio de fruto (g)
13	29.28 a ^z	2.25 a	281 a	22 a	104 b
10	19.51 b	1.95 a	193 b	20 a	101 b
7	15.78 b	2.32 a	136 c	20 a	116 a
HSD/DMSH	4.43	0.46	31.36	4	10.2

^zMeans with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).
HSD: honest significant difference.

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Table 6. Comparison of means of yield and its components per unit area and per plant, for different population densities in the 'Moctezuma' tomato variety with plants blunted to the second cluster.**Cuadro 6. Comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y por planta, para distintas densidades de población en la variedad de jitomate 'Moctezuma' con plantas despuntadas al segundo racimo.**

Density (plants·m ⁻² cultivated areal)/ Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Yield (kg·m ⁻² cultivated area)/ Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Yield (kg·plant ⁻¹)/ Rendimiento (kg·planta ⁻¹)	Number of fruits (fruits·m ⁻²)/ Número de frutos (frutos·m ⁻²)	Number of fruits (fruits·plant ⁻¹)/ Número de frutos (frutos·planta ⁻¹)	Average fruit weight (g)/ Peso medio de fruto (g)
20	24.24 a ²	1.21 b	248 a	12.5 b	98 a
16	23.33 a	1.46 ab	227 b	14.5 a	103 a
12	17.70 b	1.48 a	168 c	14.0 a	105 a
HSD/DMSH	3.59	0.26	19	1.25	11.2

²Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

HSD: honest significant difference.

²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Analysis of interactions

The significant interaction between varieties and blunting levels for mean fruit weight is explained by the fact that in the saladette-type varieties it was similar with the management of the plants to two and three clusters, while for beef-type varieties this variable increased markedly with blunting to three clusters. As already mentioned, several cloudy days were recorded during the growth period of the first two clusters, negatively affecting the average weight of these fruits, as indicated by Heuvelink and Dorais (2005) and Ho and Hewitt (1986). On the other hand, the solar radiation conditions were more favorable for the growth of the third-cluster fruits, which could translate into greater average fruit weight, especially for beef-type fruits, due to the multilocular characteristic of these fruits in relation to the bilocular nature of the saladette ones that limits their size.

Conclusions

The beef-type varieties yielded on average 37 % more than the saladette ones, having fruits of greater weight. Between varieties with the same type of fruit, 'Imperial' yielded more than 'Pick ripe' and 'Moctezuma' surpassed 'Serengueti'; that is, the indeterminate varieties, within each fruit type, yielded more than the determinate ones. In both cases the component that most influenced yield was the number of fruits harvested per unit area. The highest yield of beef-type 'Imperial' and saladette-type 'Moctezuma' was achieved by establishing a population density of 13 plants·m⁻² and with plants tipped to the third inflorescence.

Análisis de las interacciones

La interacción significativa entre variedades y niveles de despunte para el peso medio de fruto se explica porque en las variedades tipo saladette resultó similar con el manejo de las plantas a dos y tres racimos; en tanto que para las variedades tipo bola, dicha variable aumentó notablemente con el despunte a tres racimos. Como ya se mencionó, se registraron varios días nublados durante el periodo de crecimiento de los dos primeros racimos, afectando negativamente el peso medio de esos frutos, tal y como lo señalan Heuvelink y Dorais (2005) y Ho y Hewitt (1986). Por su parte, las condiciones de radiación solar fueron más favorables para el crecimiento de los frutos del tercer racimo, lo que se pudo traducir en mayor peso medio; sobre todo para los frutos tipo bola, debido a la característica multilocular de sus frutos en relación con la bilocular de los del tipo saladette que limitan su tamaño.

Conclusiones

Las variedades tipo bola rindieron en promedio 37 % más que las de tipo saladette, al tener frutos de mayor peso. Entre variedades con el mismo tipo de fruto, 'Imperial' rindió más que 'Pick ripe' y 'Moctezuma' superó a 'Serengueti'; es decir, las variedades indeterminadas, dentro de cada tipo de fruto, rindieron más que las determinadas. En ambos casos el componente que más influyó en el rendimiento fue el número de frutos cosechados por unidad de superficie. El mayor rendimiento de 'Imperial' de tipo bola y 'Moctezuma' de tipo saladette se logró al establecerse una densidad de población de 13 plantas·m⁻² y con las plantas despuntadas a la tercera inflorescencia.

End of English version

Fin de la versión en español

References / Referencias

- Alpizar-Antillón, L. (2004). *Hidroponía. Cultivo sin suelo*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Castellanos, J. Z., & Borbón-Morales, C. (2008). Panorama de la horticultura protegida en México. In: Castellanos, J. Z. (Ed.), *Manual de producción de tomate en invernadero* (pp. 6-12). México: INTAGRI.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchel, R. L. (1990). *Physiology of crop plants*. Iowa, USA: Iowa State University Press.
- Grandillo, S., Zamir, D., & Tanksley, S. D. (1999). Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. *Euphytica*, 110(2), 85-97. doi: 10.1023/A:1003760015485
- Heuvelink, E., & Dorais, M. (2005). Crop growth and yield. In: Heuvelink, E. (Ed.), *Tomatoes* (pp. 145-170). Cambridge, England: CABI Publishing.
- Ho, L. C., & Hewitt, J. D. (1986). Fruit Development. In: Atherthon, J. G., & Rudich, J. (Eds.), *The tomato crop. A scientific basis for improvement* (pp. 201-240). New York, USA: Chapman and Hall.
- Monamodi, E. L., Lungo, D. M., & Fite, G. L. (2013). Analysis of fruit yield and its components in determinate tomato (*Lycopersicon lycopersci*) using correlation and path coefficient. *Bostwana Journal of Agriculture and Applied Sciences*, 9(1), 29-40. Retrieved from <http://journals.ub.bw/index.php/bojaas/article/view/185/65>
- Méndez-Galicia, T., Sánchez-del Castillo, F., Sahagún-Castellanos, J., & Contreras-Magaña, E. (2005). Doseles escaleriformes con hileras de plantas de jitomate orientadas en dirección Este-Oeste. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 185-192. doi: dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2004.01.010
- Ponce, P., Molina, A., Cepeda, P., Lugo, E., & Maccleery, B. (2015). *Greenhouse design and control*. The Netherlands: CRC Press.
- Peet, M., & Welles, G. (2005). Greenhouse tomato production. In: Heuvelink, E. (Ed). *Tomatoes* (pp. 257-304). Cambridge, England: CABI Publishing.
- Resh, H. M. (2004). *Cultivos Hidropónicos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Sánchez-del Castillo, F., & Corona-Sáez, T. (1994). Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico de producción a base de despunte y altas densidades. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 1(2), 109-114. doi: dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.1994.01.005
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., Coatzín-Ramírez, R., Colinas-León, M. T., & Peña-Lomelí, A. (2010). Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), 207-214. doi: dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.16.026
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., & Contreras-Magaña, E. (2012). Development of alternative crop systems for commercial production of vegetables in hydroponics - I: tomato. *Acta Horticulturae*, 947, 179-187.
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., & Cruz-Arellanes, E. L. (2009). Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), 67-73. doi: dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.009
- Sánchez-del Castillo, F., Ortiz-Cereceres, J., Mendoza-Castillo, M. C., González-Hernández, V. A., & Colinas-León, M. T. (1999). Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia*, 33(1), 21-29.
- Sánchez-del Castillo, F., & Ponce-Ocampo, J. (1998). Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4(2), 89-93. doi: dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.1998.08.062
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). (2016). Consulta de pecios nacionales agrícolas. Retrieved from <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2002). *SAS/STAT 9.1 user's guide*. Cary, NC, USA: Author. Retrieved from <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug-introduction/61750/PDF/default/statugintroduction.pdf>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates Inc. Publishers.