

RENDIMIENTO DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) POR PODA FLORAL SELECTIVA Y DESPUNTE DE YEMAS LATERALES EN LA CUARTA BIFURCACIÓN

YIELD OF BELL PEPPER (*Capsicum annuum* L.) BY SELECTIVE FLOWER PRUNING AND LATERAL BUD TRIMMING AT THE FOURTH BIFURCATION

Esaú C. Moreno-Pérez¹, Felipe Sánchez-Del Castillo^{1*}, Felipe J. Martínez Gaspar¹,
Armando Ramírez-Árias², M. Teresa Beryl-Colinas-León¹

¹Fitotecnia. ²Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México. (fsanchezdelcastillo@yahoo.com.mx) ²Departamento de Preparatoria Agrícola.

RESUMEN

México es el segundo país exportador de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en el mundo, por lo que la información de su manejo en condiciones hidropónicas es necesaria. El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de cuatro tipos de poda selectiva de flores frente a un testigo sin poda, en el rendimiento y sus componentes de cuatro cultivares de pimiento morrón. La densidad de población fue de seis plantas por m², en un sistema de producción con remoción de las yemas laterales extremas (despunte de las plantas) arriba de la cuarta bifurcación de los tallos, para acortar el ciclo de cultivo a cuatro meses, desde el trasplante. La hipótesis fue que, con la poda selectiva de algunas flores, disminuye la intensidad de la demanda de fotoasimilados por una cantidad menor de frutos que crecen simultáneamente, para producir al final del ciclo más frutos por planta. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones en un arreglo de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron los cultivares y las subparcelas los tipos de poda. Las variables incluyeron caracteres morfológicos y rendimiento y sus componentes. La remoción de la primera flor, las dos flores exteriores en la tercera bifurcación y las cuatro flores exteriores de la tercera bifurcación propició el número mayor de frutos por planta (8.1), pero el rendimiento por planta no incrementó. En el promedio de los tipos de poda, el cultivar Godzilla presentó el rendimiento mayor por planta (1.62 kg), porque el peso medio de su fruto fue significativamente mayor (206 g), respecto a los demás cultivares. El rendimiento por planta fue independiente de la remoción de flores, pero la ubicación de las que se eliminaron tuvo efecto en el número total y porcentaje de frutos.

ABSTRACT

Mexico is the second largest exporter of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in the world, and for this reason, information on its management under hydroponics is necessary. The objective of this study was to compare the effect of four types of selective flower pruning against a control without pruning on yield and its components of four bell pepper cultivars. Population density was six plants per m² in a production system in which lateral buds were trimmed above the fourth stem bifurcation to shorten the crop cycle to four months after transplant. The hypothesis was that selective pruning of some flowers reduces the intensity of the demand for photoassimilates by a smaller number of fruits that grow simultaneously, and by the end of the cycle more fruits per plant will be produced. The experimental design was complete random blocks with five replications in an arrangement of split plots. The large plots were the cultivars and the subplots were pruning types. The variables included morphological traits, yield and yield components. Removal of the first flower, the two outer flowers at the third bifurcation and the four outer flowers at the third bifurcation favored a larger number of fruits per plant (8.1) but yield per plant did not increase. By the average of types of pruning, the Godzilla cultivar produced the highest yield (1.62 kg) because mean fruit weight was significantly higher (206 g) than that of the other cultivars. Yield per plant was not dependent on flower removal, but the location of those that were eliminated had an effect on the total number and percentage of fruits.

Key words: *Capsicum annuum* L., flower pruning, fruit set, photoassimilates, source-sink relationships.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2018. Aprobado: agosto, 2018.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 53: 697-707. 2019.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., poda de flores, amarre de frutos, fotoasimilados, relaciones fuente-demanda.

INTRODUCCIÓN

Los invernaderos para el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) que se utilizan en el norte de América y de Europa generalmente cuentan con tecnología avanzada, equipo para control ambiental y, en consecuencia, como su costo es alto la inversión en ellos se justifica sólo cuando el rendimiento por unidad de superficie y el precio del producto son altos (Jovicich *et al.*, 2004a).

El crecimiento normal de las plantas de pimiento es simpódico, en él la base de cada bifurcación de los tallos producen las flores, generalmente solitarias. El crecimiento libre de las plantas, como en el sistema de producción en invernadero común en la zona sur de Europa y norte de África, las primeras seis a ocho flores que no se pierden por abscisión, producen fruto. El consumo de asimilados que requieren, para su crecimiento rápido, ocasiona que una proporción alta de las flores jóvenes aborten (Aloni *et al.*, 1996). La disponibilidad de asimilados aumenta cuando los primeros frutos finalizan su crecimiento y se cosechan y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente el crecimiento de otros cuatro a ocho frutos más. Estos, a su vez ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente. Entre la cosecha del primero y segundo flujo de frutos puede haber un intervalo de dos meses en los que la producción de frutos es mínima (Marcelis *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009). Esto causa un ciclo de cultivo completo de 8 a 10 meses, después del trasplante, con rendimientos que oscilan entre 50 y 80 Mg ha⁻¹ (Jurado y Nieto, 2003).

El sistema principal de producción de pimiento morrón en invernadero en México es similar al común en el norte de Europa y Canadá. Este consiste en mantener la planta con dos tallos en forma de "V", mediante poda de una de las ramas de cada bifurcación (excepto la primera), dejando la flor en cada horqueta. En cada nudo de los tallos crece un fruto (dos frutos por estrato). Al limitar el número de frutos que crece simultáneamente, este sistema puede equilibrar las relaciones entre la fuente y la demanda de fotoasimilados, lo que permite el crecimiento con producción continua casi todo un año, con plantas mayores de 3 m de altura y separación de dos a tres

INTRODUCTION

The greenhouses used in North America and Europe to grow bell peppers (*Capsicum annuum* L.) are generally equipped with advanced technology for environment control that requires high investment costs, which are justified only when yield per unit of area and the price of the produce is high (Jovicich *et al.*, 2004a).

Normal growth of bell pepper plants is sympodial. In this type of growth, the base of each bifurcation of the stems produces flowers, generally single. When plants grow freely, as is common in greenhouse production systems in southern Europe and northern Africa, the first six to eight flowers, that are not lost by abscission, produce fruit. Consumption of assimilates required for rapid growth causes a high proportion of young flowers to abort (Aloni *et al.*, 1996). Availability of assimilates increases when the first fruits finalize their growth and are harvested, allowing vegetative growth to continue and eventually growth of another four to eight fruits. These, in turn, cause abortion of those flowers which form later. Between harvest of the first and second flux of fruits there can be an interval of two months when production of fruits is minimal (Marcelis *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009). For this reason, a complete crop cycle lasts 8 to 10 months after transplant, with yields that oscillate between 50 and 80 Mg ha⁻¹ (Jurado and Nieto, 2003).

The main greenhouse bell pepper production system in Mexico is similar to that common to northern Europe and Canada. This consists of maintaining the plant with two stems in V-shape by pruning one of the branches of each bifurcation (except the first), leaving the flower at each axis. At each stem node, a fruit grows (two fruits per stratum). By limiting the number of fruits that grow simultaneously, the system can balance the relationship between carbon source and sink, permitting growth with production to continue throughout almost one year, with plants more than 3 m tall and a separation of two to three plants per m² (four to six stems per m²) (Jovicich *et al.*, 2004b). With this system, a yield of 200 Mg ha⁻¹ can be achieved in a one-year cycle (Heuvelink *et al.*, 2004).

At the Universidad Autónoma Chapingo, a short-cycle greenhouse production system was developed. This system consists of transplanting 50-d old

plantas por m² (cuatro a seis tallos por m²) (Jovicich *et al.*, 2004b). Con este sistema el rendimiento puede ser 200 Mg ha⁻¹ en un ciclo anual (Heuvelink *et al.*, 2004).

En la Universidad Autónoma Chapingo se desarrolló un sistema de producción en invernadero, de ciclo corto, que consiste en trasplantar plántulas de 50 d de edad y despuntarlas temprano en el ciclo (40 d después del trasplante), para detener el crecimiento encima de la cuarta bifurcación de los tallos (Sánchez *et al.*, 2017). La meta es acortar el ciclo de cultivo, del trasplante al fin de la cosecha, a menos de 4 meses, con lo que se logran tres ciclos de cultivo al año, en vez de uno, como en los sistemas convencionales en invernadero (Cruz *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2009; Reséndiz *et al.*, 2010). Este sistema de ciclos cortos con densidades altas de población se ha estudiado en jitomate (Sánchez *et al.*, 2010 y 2012).

Cruz *et al.* (2005, 2009) señalaron que pueden obtenerse 14 frutos por planta con el despunte de tallos arriba de la cuarta bifurcación, ya que la flor de la primera se elimina manualmente cuando aparece. Normalmente, sólo se mantienen y crecen entre seis y ocho frutos por planta; es decir, el porcentaje de aborto de frutos es 50% (Reséndiz *et al.*, 2010).

La competencia por fotoasimilados se debe a la presencia de varios frutos que crecen simultáneamente, lo cual aumenta el porcentaje de aborto; al respecto, la correlación negativa significativa entre el número de frutos en desarrollo y la presencia de flores nuevas se ha demostrado (Nuez *et al.*, 1996). Este comportamiento puede estar relacionado con factores como genotipo, temperaturas diurnas y nocturnas altas, niveles bajos de luz, humedad relativa baja, estrés hídrico y aspectos hormonales, u otros (Bakker, 1989; Marcelis and Hofman-Eijer, 1997).

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue comparar el efecto de tipos de poda selectiva de flores contra un testigo sin poda, en el rendimiento y sus componentes, en cuatro cultivares de pimiento morrón. La hipótesis fue que, con la poda selectiva de algunas flores, disminuye la intensidad de la demanda de fotoasimilados, por el número menor de frutos que crecen simultáneamente, lo que a su vez puede producir número mayor de frutos por planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a noviembre de 2014, en un invernadero tipo capilla, con estructura metálica y cubierta de

seedlings and trimming the buds early in the cycle (40 d after transplant) to detain growth above the fourth bifurcation of the stems (Sánchez *et al.*, 2017). The aim is to shorten the crop cycle, from transplant to final harvest, up to less than four months. By doing this, three crop cycles can be achieved in one year instead of one per year as with conventional greenhouse systems (Cruz *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2009; Reséndiz *et al.*, 2010). This system of short cycles with high population densities has been studied in tomatoes (Sánchez *et al.*, 2010; 2012).

Cruz *et al.* (2005, 2009) reported that 14 fruits per plant can be obtained by pruning the stem tips above the fourth bifurcation since the flower of the first is eliminated manually when it appears. Normally, only six to eight fruits remain and grow on a plant; that is, the percentage of fruit abortions is 50% (Reséndiz *et al.*, 2010).

Competition for photoassimilates is due to the presence of several fruits that grow simultaneously; this increases the percentage of abortions. The significant negative correlation between the number of developing fruits and the presence of new flowers has been demonstrated (Nuez *et al.*, 1996). This behavior can be related to factors such as genotype, high daytime and nighttime temperatures, low levels of light and relative humidity, water stress and hormonal aspects, among others (Bakker, 1989; Marcelis and Hofman-Eijer, 1997).

Based on the above, the objective of this study was to compare the effect of types of selective flower pruning against an unpruned control on yield and its components of four bell pepper cultivars. The hypothesis was that, with selective pruning of some flowers, the intensity of the demand for photoassimilates decreases because of the lower number of fruits that grow simultaneously, and thus a larger number of fruits per plant can be produced.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted from June to November 2014 in a chapel-type greenhouse with a metal structure and covered with polyethylene with 80% light transmission located in the experimental station of the Universidad Autónoma Chapingo, municipality of Texcoco, state of Mexico (19° 29' N, 98° 53' W, altitude 2251 m). The greenhouse had a system of wet pads, extractors and heating system with which temperature was controlled. Also, the windows were protected with anti-aphid

polietileno con 80% de transmisión de luz, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en el municipio de Texcoco, estado de México (19° 29' N, 98° 53' O y altitud de 2251 m). El invernadero tuvo sistema de muro húmedo, extractores y sistema de calefacción, con los que se controló la temperatura; además, las ventanas estuvieron protegidas con malla antiáfidos y cortinas enrollables. El piso de los pasillos se cubrió con tela blanca de polipropileno (Ground cover).

Los cultivares para el estudio fueron Cannon y Godzilla de la compañía Zeraim Gedera México, en el estado de Hidalgo; y Dicaprio y Magno de la empresa Enza Zaden, Sinaloa, México. Los frutos de Cannon y Godzilla son rojos cuando maduran, en Dicaprio son amarillos y en Magno son anaranjados.

Para acortar el tiempo entre el trasplante y la cosecha a menos de 4 meses, el trasplante se hizo con plántulas de 47 d, con cuatro a cinco hojas verdaderas y altura promedio de 15 cm. La siembra de la semilla se hizo en charolas de poliestireno con 60 cavidades (200 mL por cavidad) con mezcla de turba vegetal (*peat moss*) y perlita en proporción de 1:1 (v:v), colocando una semilla por cavidad. Desde la siembra hasta los 21 días las plántulas se regaron de dos a tres veces al día con la solución nutritiva (al 50% de concentración). De los 21 días después de la siembra (dds) hasta el final del ciclo de cultivo la solución nutritiva que se usó fue completa con (mg L⁻¹): 200 N, 50 P, 200 K, 235 Ca, 40 Mg, 217 S, 3 Fe, 0.5 B, 0.5 Mn, 0.1 Cu y 0.1 Zn. La conductividad eléctrica se mantuvo de 2.0 a 2.5 dS m⁻¹ y pH de 6 a 6.5.

Para el trasplante se usaron bolsas de polietileno negro, de 12 L de capacidad, con arena de tezontle (diámetros de partículas entre 1 y 4 mm) como sustrato, y una plántula por bolsa. La densidad fue de seis plantas por m², en grupos de tres hileras con 33 cm entre plantas, 33 cm entre hileras y pasillos de 50 cm de anchura entre los juegos de tres hileras. El crecimiento de los tallos se permitió hasta la cuarta bifurcación; una hoja por encima de ésta los ápices de crecimiento se eliminaron, 40 días después del trasplante (ddt).

El tutorado se estableció con hilos de rafia, sostenidos sobre alambre sujetado de la estructura del invernadero a 2 m de altura y cada rama de la primera bifurcación tuvo su propia línea de tutor. La polinización ocurrió con el movimiento del aire de los extractores y el de las plantas, al mover el alambre tutor.

Desde el trasplante hasta la cosecha se aplicaron ocho riegos diarios con un sistema de goteo por maceta, con gasto de 2 L h⁻¹. Cada riego duró de 2 a 6 min dependiendo de la edad de la planta y condiciones ambientales.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y cinco repeticiones. La combinación de cuatro variedades y cinco tipos de poda selectiva de flores generó 20 tratamientos. En las parcelas grandes se colocaron las cuatro variedades y en las subparcelas, los cinco tipos de poda. La unidad experimental de la subparcela consistió

screen and roll-up curtains. The ground of the paths was covered with white polypropylene cloth (ground cover).

The cultivars used in the study were Cannon and Godzilla, from the company Zeraim Gedera México in the state of Hidalgo, and Dicaprio and Magno from the company Enza Zaden, Sinaloa, Mexico. The fruits of Cannon and Godzilla are red when ripe, those of Dicaprio are yellow, and Magno fruits are orange.

In order to shorten the time between transplant and harvest to less than 4 months, 47-d-old seedlings with four to five green leaves and average height of 15 cm were transplanted. Seeds were planted in 60-cavity (200 mL per cavity) polystyrene trays with a mixture of peat moss and perlite in a 1:1 (v:v) proportion, one seed to a cavity. From sowing to 21 days, seedlings were watered two to three times a day with nutrient solution (50% concentration). From 21 days after sowing (das) to the end of the crop cycle, the nutrient solution used was complete (mg L⁻¹): 200 N, 50 P, 200 K, 235 Ca, 40 Mg, 217 S, 3 Fe, 0.5 B, 0.5 Mn, 0.1 Cu and 0.1 Zn. Electric conductivity was maintained at 2.0 to 2.5 dS m⁻¹ and pH 6 to 6.5.

For the transplant, 12-L black polyethylene bags were used with red volcanic (tezontle) sand (particle diameter 1 to 4 mm) as substrate. One seedling was planted in each bag. Plant density was six plants per m² in groups of three rows with 33 cm between plants, 33 cm between rows and 50-cm-wide paths between the sets of three rows. Stem growth was permitted until the fourth bifurcation; one leaf above this bifurcation the growth buds were eliminated 40 days after transplant (dat).

Plants were tutored on raffia twine sustained on wires fastened onto the greenhouse structure 2 m high, and each branch of the first bifurcation had its own tutoring line. Pollination occurred with air movement by the extractors and the plants by moving the tutoring wire.

From transplant to harvest the plants were irrigated eight times a day with a drip system in each pot with a flow of 2 L h⁻¹. Each watering period lasted 2 to 6 min depending on the age of the plant and environmental conditions.

The experimental design was complete random blocks with an arrangement of treatments in split plots and five replications. The combination of four varieties and five types of selective flower pruning generated 20 treatments. The four varieties were placed in the large plots, and the five types of pruning in the subplots. The experimental unit of the subplot consisted of nine plants occupying 1 m² of seedbed. The space of paths was not considered.

Types of selective pruning

Selective pruning (treatments) were carried out when the flower bud was visible, before anthesis (Figure 1). Pruning types

en nueve plantas (1 m² útil) y no se consideró el espacio ocupado por los pasillos.

Tipos de poda selectiva

Las podas selectivas (tratamientos) se realizaron cuando el botón floral era visible, previo a la antesis (Figura 1). Testigo sin poda, las flores se mantuvieron, el despunte de yemas terminales se hizo 40 ddt para limitar su crecimiento hasta la cuarta bifurcación; el número de frutos potenciales por planta fue 15, considerando un fruto por bifurcación. Poda 1 (remoción de flores 1, 2 y 3), las flores de la primera y de la segunda bifurcación se eliminaron; el número de frutos potenciales por planta fue 12. Poda 2 (remoción de flores 4, 5, 6 y 7), las cuatro flores de la tercera bifurcación se eliminaron; el número de frutos potenciales por planta fue 11. Poda 3 (remoción de flores 1, 4 y 7), la flor de la primera bifurcación y las dos flores exteriores de la tercera bifurcación se eliminaron; el número de frutos potenciales por planta fue 12. Poda 4 (remoción de flores 1, 10 y 13), se eliminaron la flor de la primera bifurcación y dos flores centrales de la cuarta bifurcación; el número de frutos potenciales por planta fue 12.

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (cm), que se midió desde el inicio del tallo al extremo apical, al final del ciclo de cultivo a los 120 ddt; grosor del tallo (cm), que se midió a 3 cm de altura de la planta a los 120 ddt; y el peso seco total por planta (g) a los 120 ddt. Una planta por tratamiento y repetición

were the following: Control without pruning, flowers were maintained, lateral buds were removed 40 dat to limit growth up to the fourth bifurcation; the number of potential fruits per plant was 15, considering one fruit per bifurcation. Pruning 1 (removal of flowers 1, 2 and 3), the flowers of the first and second bifurcation were eliminated; the number of potential fruits per plant was 12. Pruning 2 (removal of flowers 4, 5, 6 and 7), the four flowers of the third bifurcation were eliminated; the number of potential fruits per plant was 12. Pruning 3 (removal of flowers 1, 4 and 7), the flower in the first bifurcation and the two outer flowers of the third bifurcation were eliminated; the number of potential fruits per plant was 12. Pruning 4 (removal of flowers 1, 10 and 13), the flower of the first bifurcation and two central flowers of the fourth bifurcation were eliminated. The number of potential fruits per plant was 12.

Evaluated variables were plant height (cm), measured from the beginning of the stem to the apical tip at the end of the crop cycle 120 dat; stem thickness (cm), measured at 3 cm of plant height 120 dat; and total dry weight per plant (g), 120 dat. One plant per treatment and per replication was dehydrated at 70 °C for 72 h. Total yield (kg per plant) was obtained with the sum of the weights of harvested fruit per plant at each picking. The number of fruits per plant was counted and the number of harvested fruits per plant at each picking was added. Mean fruit weight (g) was the total weight of fruits per plant divided by the total number of fruits per plant.

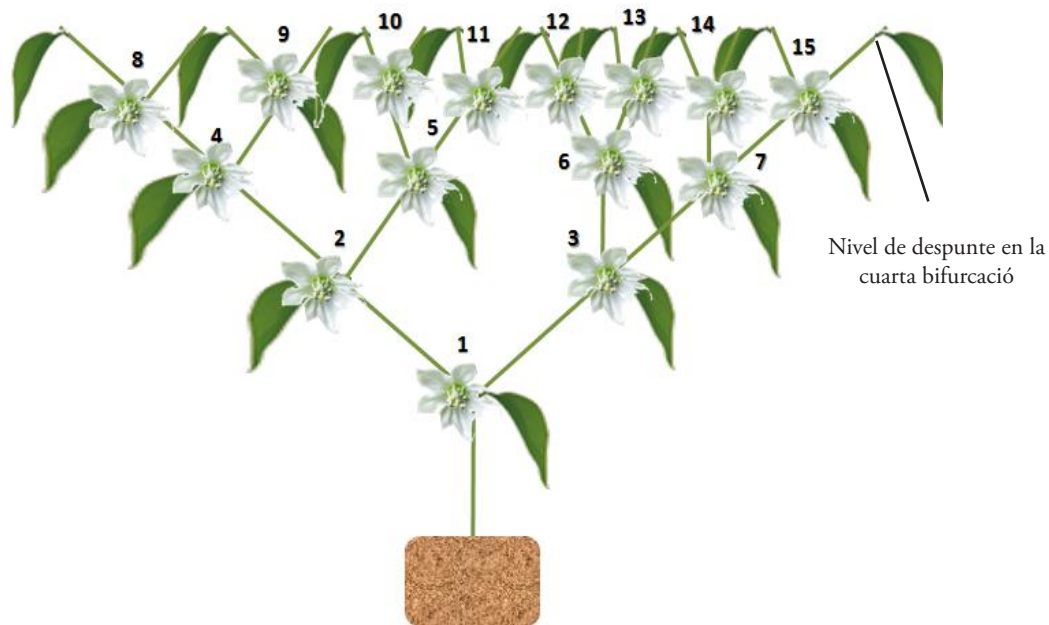


Figura 1. Posición de las flores de pimiento morrón eliminadas con poda. La planta ilustra el despunte en la cuarta bifurcación.

Figure 1. Position of the bell pepper flowers eliminated by pruning. The schematic plant illustrates lateral bud trimming in the fourth bifurcation.

se deshidrató a 70 °C por 72 h. El rendimiento total (kg por planta) se obtuvo con la suma del peso de los frutos cosechados por planta en cada corte. El número de frutos por planta se contabilizó y se sumó el número de frutos cosechados por planta en cada corte. El peso medio del fruto (g) fue la razón del peso total de los frutos por planta dividido entre el número de frutos totales por planta.

Los datos se analizaron con el paquete SAS ver. 9.0 (SAS Institute Inc., 2002) con ANDEVA y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para cada carácter evaluado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferencias en altura de planta, peso medio de fruto y número de frutos por planta fueron significativas ($p \leq 0.01$) entre tipos de poda y en grosor del tallo ($p \leq 0.05$). En peso seco total por planta no hubo diferencia estadística. En contraste, las diferencias del grosor de tallo, peso medio de fruto y rendimiento por planta fueron significativas ($p \leq 0.01$) entre cultivares. La interacción cultivar x poda no mostró diferencia en alguna de las variables (Cuadros 1 y 2).

Las diferencias en altura de planta y peso seco total entre cultivares no fueron significativas, pero el cultivar Godzilla fue 10% mayor en diámetro de tallo que las otras variedades (Cuadro 3). Debido a que las condiciones ambientales fueron similares, se considera que este resultado es consecuencia de su expresión genética.

Data were analyzed with SAS ver. 9.0 software (SAS Institute Inc., 2002) using ANOVA and the Tukey test of comparison of means ($p \leq 0.05$) for each evaluated trait.

RESULTS AND DISCUSSION

The differences in plant height, mean fruit weight and number of fruits per plant were significant ($p \leq 0.01$) among pruning types and in stem thickness ($p \leq 0.05$). There were no statistical differences in total dry weight per plant. In contrast, the differences in stem thickness, mean fruit weight and yield per plant among cultivars were significant ($p \leq 0.01$). The interaction cultivar x pruning did not show any differences in the variables (Tables 1 and 2).

Differences in plant height and total dry weight among cultivars were not significant, but the cultivar Godzilla had a 10% larger stem diameter than the other varieties (Table 3). Because environmental conditions were similar, this result is considered as effect of its genetic expression.

Sánchez *et al.* (1999) attributed the significant correlations between stem thickness and mean fruit weight of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to the fact that thick stems had a larger transversal phloem area, even in the fruit pedicel, facilitating transport of assimilates to the fruits and thus increasing final weight and yield per plant. This could have occurred in the cultivar Godzilla in the present study.

Cuadro 1. Cuadros medios de los análisis de varianza de variables indicadoras de crecimiento de pimiento morrón, con diferentes tipos de poda de flores.

Table 1. Mean squares of the analyses of variance of the variables of bell pepper growth indicators with different types of flower pruning.

FV	GL	Altura de planta (cm)	Grosor de tallo (cm)	Peso seco total (g)
Cultivar	3	10.9	0.27**	888.7
Bloques	4	30.9	0.07	1163.2
Error a	12	8.0	0.01	705.5
Poda	4	138.9**	0.04*	18.3
Cultivar x Poda	12	8.1	0.03	22.3
Error b	64	8.4	0.01	20.6
CV %		4.1	5.2	2.2
Media		70.8	1.9	198.2

FV: Fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: Coeficiente de variación ♦ FV: Sources of variation; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation.

*, **: significativo a una $p \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente ♦ *, **: Significant at $p \leq 0.05$ y 0.01, respectively.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza de variables de rendimiento de pimiento morrón con diferentes tipos de poda de flores.

Table 2. Mean squares of the analysis of variance of bell pepper variables with different types of flower pruning.

FV	GL	Rendimiento (kg por planta)	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto (g)
Cultivar	3	0.74**	0.13	11307**
Bloques	4	0.03	0.37	326.9
Error a	12	0.01	0.10	358.7
Poda	4	0.05	1.71**	1362.3**
Cultivar*Poda	12	0.01	0.09	304.2
Error b	64	0.08	0.10	155.5
CV %		6.7	4.1	7.0
Media		1.3	7.8	175.8

FV: Fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: Coeficiente de variación. *, **: significativo con $p \leq 0.05$ y 0.01 ♦ FV: Sources of variance; GL: degrees of freedom; CV: Coefficient of variance. *, **: significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively.

Cuadro 3. Indicadores de crecimiento y del rendimiento de plantas de pimiento morrón despuntadas en la cuarta bifurcación.

Table 3. Growth indicators and yield of bell pepper plants with lateral bud trimming at the fourth bifurcation.

Cultivar	Altura de planta (cm)	Grosor de tallo (cm)	Peso seco total (g)	Rendimiento (kg por planta)	Frutos por planta (Núm.)	Peso medio de fruto (g)
Cannon	71.6 a	1.9 b	195.2 a	1.37 b	7.9 a	174 b
Godzilla	71.0 a	2.1 a	206.2 a	1.62 a	7.8 a	206 a
Dicaprio	70.5 a	1.9 b	192.4 a	1.27 b	7.8 a	162 b
Magno	70.0 a	1.9 b	199.1 a	1.24 b	7.7 a	160 b
DMSH	3.1	0.1	29.2	0.15	0.3	20.8

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta ♦ Means with different letters in a column are statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: honest least significant difference.

Sánchez *et al.* (1999) atribuyeron las correlaciones significativas entre grosor del tallo y el peso medio de fruto de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) al hecho de que los tallos gruesos presentan área transversal mayor de floema, incluso en el pedicelo de los frutos, lo que facilita el transporte de asimilados a los frutos e incrementa su peso y el rendimiento final por planta. Esto pudo haber ocurrido en el cultivar Godzilla en el presente estudio.

El tamaño o peso de fruto es una de las cualidades más apreciadas en el mercado de los pimientos (Milla, 1996) así que, los resultados del cv. Godzilla son importantes para la selección de cultivares en el sistema de producción propuesto. Las diferencias en

Fruit size or weight is one of the qualities most appreciated by the market (Milla, 1996); thus, the results of cv. Godzilla are important for selection of cultivars in the proposed production system. The differences in fruit weight represented an increase of more than 2 kg m^{-2} of this cultivar relative to the cultivar Magno (9.72 against 7.44 kg m^{-2} per cycle). This result was produced in the 120-day cycle from transplant to the end of harvest. According to Sánchez *et al.* (2017), in greenhouses with controlled environmental conditions or in locations with climate favorable for this crop, three cycles can be obtained per year. With the extrapolation of our data at a commercial scale, the difference can be 291 Mg

peso de fruto representaron un incremento mayor a 2 kg m^{-2} en ese cultivar respecto a Magno (9.72 contra 7.44 kg m^{-2} por ciclo). Este resultado se produjo en el ciclo de 120 d desde el trasplante, al final de la cosecha. De acuerdo con Sánchez *et al.* (2017), en invernaderos con condiciones ambientales controladas, o en localidades con clima favorable para este cultivo se pueden obtener tres ciclos por año. Con la extrapolación de nuestros datos a una escala comercial, la diferencia puede ser de 291 comparada con $223 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; es decir una proyección de 68 Mg más de frutos por ha por año con el cultivar Godzilla.

La comparación de medias entre los tipos de poda indicó que la altura de las plantas (73.2 cm) del tratamiento en el que se eliminaron las cuatro flores en la tercera bifurcación (Poda 3) fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) a los otros tratamientos (Cuadro 4). Lo que permite inferir que, al eliminar las primeras flores se dejaron más fotoasimilados disponibles para el incremento en longitud de los entrenudos, lo que permitió lograr altura mayor; así como un efecto positivo aparente en la tasa de fotosíntesis, ya que el grosor del tallo, y sobre todo el peso seco final por planta, fueron similares entre los tratamientos. Es decir, la remoción de frutos no afectó la capacidad de la fuente, pero cambió el patrón de distribución de fotoasimilados. En pimiento es una práctica común la poda de las primeras flores para estimular el crecimiento vegetativo que al final ayude a soportar una carga mayor de frutos (Challinor, 1996; Nuez *et al.*, 1996; Wien, 1999).

El rendimiento por planta fue estadísticamente igual para todos los tratamientos incluyendo al testigo

$\text{ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ compared with $223 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$; that is, a projection of 68 Mg more fruits per ha per year with the cultivar Godzilla.

Comparison of means among the pruning types indicated that plant height (73.2 cm) of the treatment in which the four flowers of the third bifurcation were eliminated (Pruning 3) was statistically superior ($p \leq 0.05$) to the other treatments (Table 4).

This suggests that, by eliminating the first flowers, more photoassimilates were available to increase internode length, which permitted greater height as well as an apparent positive effect on the rate of photosynthesis since stem thickness and, above all, final dry weight per plant were similar among treatments. That is, the removal of fruits did not affect the capacity of the source but changed the photoassimilate distribution pattern. In bell pepper, pruning the first flowers is a common practice to stimulate vegetative growth to help support a late larger load of fruits (Challinor, 1996; Nuez *et al.*, 1996; Wien, 1999).

Yield per plant was statistically equal for all the treatments including the control (from which no flowers were removed). However, the control had a higher mean fruit weight but a lower number of fruits per plant than the flower pruning treatments (Table 4).

The potential number of fruits per plant in the control was 15 (one per axis), but only 50% (7.4 fruits per plant) were maintained without abscission. However, in Pruning 3 (removal of four flowers at the third bifurcation), the number of potential fruits per plant was 11 and 8.1 fruits (73.6%) stayed on

Cuadro 4. Indicadores del crecimiento y del rendimiento en cinco tipos de poda selectiva de flores de pimiento morrón, despuntado a la cuarta bifurcación.

Table 4. Growth indicators and yield of five types of selective flower pruning of bell pepper with lateral bud trimming at the fourth bifurcation.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Grosor de tallo (cm)	Peso seco total (g)	Rendimiento (kg/planta)	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto (g)
Testigo (Sin poda)	66.8 c	2.0 a	198.1 a	1.40 a	7.4 c	189 a
1 (Poda 1)	70.1 b	2.0 a	196.7 a	1.38 a	7.7 b	177 b
2 (Poda 2)	73.1 ab	2.0 a	199.4 a	1.36 a	8.1 a	168 b
3 (Poda 3)	73.2 a	2.0 a	198.3 a	1.38 a	8.1 a	170 b
4 (Poda 4)	70.7 b	1.9 a	198.5 a	1.36 a	7.8 b	173 b
DMSH	2.5	0.11	4.0	0.08	0.2	11.0

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta ♦ Means with different letters in a column are statistically different (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH: honest least significant difference.

(al que no se le removieron flores). Sin embargo, el testigo tuvo peso medio de fruto mayor, pero un número menor de frutos por planta respecto a los tratamientos con poda de flores (Cuadro 4).

El número potencial de frutos por planta en el testigo fue 15 (uno por horqueta), pero sólo se mantuvo el 50% (7.4 frutos por planta) sin abscisión. En cambio, en la Poda 3 (remoción de cuatro flores en la tercera bifurcación), el número de frutos potenciales por planta fue 11 y se mantuvieron en la planta 8.1 frutos (73.6%). También la Poda 2 (remoción de las tres primeras flores formadas), produjo 8.1 frutos por planta, aunque el número potencial era 12, por lo que el porcentaje de amarre fue menor (67.5%).

El peso medio mayor de fruto en el testigo puede explicarse al considerar la producción de asimilados, que indica el peso seco total por planta (Cuadro 4), y fue similar en todos los tratamientos. Esto implica que, el número menor de frutos que amarraron por planta en el testigo, resultó en peso unitario mayor. En consecuencia, más frutos por planta como en las Podas 2 y 3, significan la distribución de una cantidad similar de asimilados entre más frutos, lo que ocasionó peso medio menor de fruto. Maaiké *et al.* (2009) señalaron que, para una misma capacidad de la fuente, el desarrollo de los frutos depende en principio de la fuerza de la demanda de fotoasimilados, la cual puede estar influenciada por el genotipo, como fue el caso de Godzilla que tuvo mayor rendimiento de fruto (Cuadro 4).

La interacción no significativa entre cultivares y tipos de poda de flores permite sugerir que los cultivares tuvieron translocación similar de asimilados a los frutos, con independencia del tipo de poda y remoción de flores.

Rylsky y Spigelman (1986) indicaron que, en los nudos inferiores el amarre de frutos es mayor que en los nudos superiores por efecto de la fuerza de demanda en los nudos inferiores y que, en ausencia de frutos en esta posición, el porcentaje de amarre y crecimiento se incrementan en las ramificaciones superiores; en este estudio se observó un efecto similar. Marcelis *et al.* (2004) observaron relación estrecha entre la tasa de aborto de flores con la tasa de crecimiento de los primeros frutos, en plantas con capacidad similar de la fuente para producir asimilados,

the plant. Also, with Pruning 2 (removal of the three first formed flowers) produced 8.1 fruits (73.6%) per plant, although the number of potential fruits was 12, and thus the percentage of fruit set was lower (67.5%).

The higher mean fruit weight in the control can be explained if we consider the production of assimilates, which indicates total dry weight per plant (Table 4), which was similar in all the treatments. This implies that the lower fruit set per plant in the control resulted in a higher unitary weight. Consequently, more fruits per plant, as in Prunings 2 and 3, mean distribution of a similar quantity of assimilates among more fruits causing lower mean fruit weight. Maaiké *et al.* (2009) reported that, for the same source capacity, fruit development depends, in principle, on the sink strength for photoassimilates, which can be influenced by genotype, such as the case of Godzilla, which had the highest fruit yield (Table 4).

The non-significant interaction of cultivars and flower pruning types suggests that the cultivars had similar translocation of assimilates to the fruits, regardless of the pruning type and removal of flowers.

Rylsky and Spigelman (1986) indicated that, at the lower nodes, fruit set is higher than in the upper nodes by effect of sink strength of the lower nodes and that, in absence of fruits at this position, the percentage of fruit set and growth increase in the upper ramifications. In our study we observed a similar effect. Marcelis *et al.* (2004) observed a close relationship between the rate of flower abortion and the growth rate of the first fruits in plants with similar capacity of the source to produce assimilates and proposed that this is due to the high sink strength. Aloni *et al.* (1996) and Sánchez *et al.* (2017) pointed out that, the first growing fruits generate high sink strength, and they also produce hormonal changes that can exacerbate flower abortion and production of small fruits. Stress from decreases in radiation intensity, high temperatures, water vapor deficits or competition for assimilates and dominance relationships among fruits due to hormonal effects can cause flowers to abort (Marcelis *et al.*, 2004). Moreover, these factors can frequently act together and in a short time cause a decrease in the number of fruits.

y propusieron que esto se debió a fuerza de una demanda elevada. Aloni *et al.* (1996) y Sánchez *et al.* (2017) señalaron que, además de que los primeros frutos en crecimiento generan una fuerza elevada de demanda, también producen cambios hormonales que pueden exacerbar el aborto de flores y frutos pequeños. El estrés por disminuciones en la intensidad de la radiación, temperatura alta, déficits de presión de vapor o competencia por asimilados y relaciones de dominancia entre frutos debidos a efectos hormonales pueden provocar el aborto de flores (Marcelis *et al.*, 2004). Además, esos factores con frecuencia pueden actuar de manera conjunta y en poco tiempo provocar la disminución en el número de frutos.

CONCLUSIONES

La remoción de las cuatro flores de la tercera bifurcación, la flor de la primera bifurcación y las dos flores exteriores en la tercera bifurcación, en plantas de pimiento propició el incremento de frutos por planta.

La poda de flores no afectó el rendimiento total por planta, pero sí sus componentes. Con independencia de la remoción de flores, el cultivar Godzilla tuvo el rendimiento mayor por planta y sus frutos tuvieron peso mayor.

El número de frutos por planta fue similar en los cultivares Cannon, Godzilla, Dicaprio y Magno, sin efecto del tipo de poda de flores. El peso medio de fruto fue mayor, pero el número de frutos por planta fue menor en el testigo sin poda.

LITERATURA CITADA

- Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, and A. A. Schaffer. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Ann. Bot.* 78: 163 - 168.
- Bakker, J. C. 1989. The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Sci.* 64: 313 - 320.
- Challinor P., F. 1996. Producción de pimiento en climas fríos. *In: Namesny, A. (ed.) Pimientos. Compendios de Horticultura 9. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus, España. pp: 73 - 79.*
- Cruz H., N., J. Ortiz C., F. Sánchez Del C., y M. C. Mendoza C. 2005. Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivados en altas densidades. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 287 - 293.
- Cruz H., N., F. Sánchez Del C., J. Ortiz C., y M. C. Mendoza C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agric. Téc. Méx.* 35: 70 - 77.

CONCLUSIONS

Removal of the four flowers at the third bifurcation, the main flower and the two outer flowers at the third bifurcation, in bell pepper plants favored an increase in number of fruits per plant.

Flower pruning did not affect total yield per plant, but it did affect yield components. Regardless of the removal of flowers, the cultivar Godzilla had the highest yield per plant and its fruit were the heaviest.

The number of fruits per plant was similar in the cultivars Cannon, Godzilla, Dicaprio and Magno, with no effect of the type of flower pruning. Mean fruit weight was higher, but the number of fruits per plant was lower in the control without pruning.

—End of the English version—

---*---

- Heuvelink, E., L. F. M. Marcelis, and O. Körner. 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta Hort.* 633: 349 - 355.
- Jovicich, E., D. J. Cantliffe, and J. J. Vansickle. 2004a. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Hort.* 659: 81 - 85.
- Jovicich, E., D. J. Cantliffe, and P. J. Stoffella. 2004b. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507 - 513.
- Jurado R., y M. N. Nieto 2003. El Cultivo de Pimiento Bajo Invernadero. *In: Camacho, F. (ed.) Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. Cajamar. Almería, España. pp: 541 - 568.*
- Maaik, A., M. Yuntao, L. Hemerik, and E. Heuvelink. 2009. Fruit set and yield patterns in six *Capsicum* cultivars. *HortScience* 44:1296 - 1301.
- Marcelis, L. F. M., and L. R. B. Hofman-Eijer. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Ann. Bot.* 79: 687 - 93.
- Marcelis, L. F. M., E. Heuvelink, L. R. B. Hofman-Eijer, J. D. Bakker, and L. B. Xue. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *J. Exp. Bot.* 55: 2261 - 2268.
- Milla, A. 1996. Evolución del mercado de exportación del pimiento. *In: Namesny, A. (ed.) Pimientos. Compendios de Horticultura 9. Ediciones de Horticultura, S. L. Reus, España. pp: 73 - 79.*
- Nuez, V. F., O. R. Gil R., y G. J. Costa. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.

- Reséndiz M., R. C., E. del C. Moreno P, F. Sánchez del C., J. E. Rodríguez P, y A. Peña L. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16: 223 - 229.
- Rylsky, I., and M. Spigelman. 1986. Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Sci. Hortic.* 29: 31 - 35.
- Sánchez Del C., F., J. Ortiz, C., M. C. Mendoza C., V. M. Hernández G., y M. T. Colinas L. 1999. Valoración de características morfológicas para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* 33: 21 - 30.
- Sánchez Del C., F., E. del C. Moreno P, R. Coatzin R., M. T. Colinas L., y A. Peña L. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16: 207 - 214.
- Sánchez Del C., F., E. del C. Moreno, P., and E. Contreras M. 2012. Development of alternative commercial soilless production systems I: Tomato. *Acta Hortic.* 947: 179 - 187.
- Sánchez Del C., F., E. del C. Moreno P, R. M. Rodolfo C., M. T. Colinas L., y J. E. Rodríguez P. 2017. Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia* 51: 437 - 446.
- SAS Institute Inc. 2002. Statistical Analysis System User's Guide SAS/STAT 9.1 SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug-introduction/61750/PDF/default/statugintrroduction.pdf>. Consultada mayo, 2017.
- Wien, H. C. 1999. Peppers. *In: Wien, H. C. (ed.). The physiology of vegetable crops.* CABI Publishing. Oxon, UK. pp: 259-293.

