

EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS AGRONÓMICO DE SIETE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) CULTIVADOS EN HIDROPONÍA

Porfirio Juárez-López¹; Rogelio Castro-Brindis²; Teresa Colinas-León²; Manuel Sandoval-Villa³; Porfirio Ramírez-Vallejo³; David Wm. Reed⁴; Luis Cisneros-Zevallos⁴; Stephen King⁴.

¹Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. km 9 Carretera Tepic-Vallarta, Xalisco, Nayarit. C. P. 63780. MÉXICO. Correo-e: porfiriojlopez@yahoo.com (*Autor para correspondencia).

²Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km 35.8 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

⁴Department of Horticultural Sciences. Texas A&M University. 202 Horticulture Forest Science Building. College Station, Texas 77843-213. United States of America.

RESUMEN

México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Sin embargo, existe escasa información que permita el aprovechamiento de las formas nativas de esta especie. El objetivo de la presente investigación fue evaluar algunas características de interés agronómico de siete genotipos provenientes de los estados de Guerrero y Puebla, cultivados en invernadero e hidroponía, y compararlos con un híbrido comercial de jitomate "cherry" (H-790). Se evaluaron días a floración y días a madurez en el primer racimo, altura de planta, diámetro de tallo, largo y ancho de fruto, número de lóculos y peso de fruto. También se evaluaron el número de frutos y el rendimiento en seis racimos. En las características días a floración y días a madurez del primer racimo, altura de planta, largo y ancho de fruto, número de lóculos, peso de fruto y rendimiento, al menos un genotipo nativo superó ($P \leq 0.05$) al testigo (H-790). En número de frutos en seis racimos, los genotipos JCPRV-43 y JCPRV-05 fueron similares ($P \leq 0.05$) al testigo (43.9). El diámetro de tallo fue la única característica donde el testigo (18.1 mm) fue mejor ($P \leq 0.05$) en comparación con los genotipos nativos evaluados. Se considera que, por sus características agronómicas, la mayoría de los genotipos nativos evaluados poseen potencial para cultivarse como jitomates tipo "cherry", y algunos de ellos podrían emplearse como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético de esta especie.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, jitomate "cherry", cultivo sin suelo, tezontle, solución nutritiva Steiner, rendimiento.

EVALUATION OF SEVEN NATIVE TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

GENOTYPES OF AGRONOMIC INTEREST GROWN HYDROPONICALLY

ABSTRACT

Mexico is considered the domestication center of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). However, there is scarce information available to allow the use of native forms of this species. The objective of this study was to evaluate some characteristics of agronomic interest of seven genotypes from the states of Guerrero and Puebla, grown hydroponically in a greenhouse, and compare them with a commercial "cherry" tomato hybrid (H-790). Days to flowering and days to maturity in the first cluster, plant height, stem diameter, fruit length and width, number of loculi and fruit weight were assessed. Number of fruits and yield in six clusters were also assessed. In the characteristics days to flowering and days to maturity in the first cluster, plant height, stem diameter, fruit length and width, number of loculi, fruit weight and yield, at least one native genotype exceeded ($P \leq 0.05$) the control (H-790). In number of fruits in six clusters, the JCPRV-43 and JCPRV-05 genotypes were similar ($P \leq 0.05$) to the control (43.9). Stem diameter was the only characteristic where the control (18.1 mm) was better ($P \leq 0.05$) compared to the native genotypes evaluated. It is concluded that owing to their agronomic characteristics, most of the assessed native genotypes can be cultivated as "cherry" tomatoes, and some of them could be utilized as a source of germplasm in breeding programs of this species.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, "cherry" tomato, soilless culture, tezontle, Steiner universal nutrient solution, yield.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tiene su centro de origen en la región de los Andes, que incluye los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. Aunque existe cierta controversia acerca del lugar donde se llevó a cabo su domesticación, la hipótesis más aceptada es que ésta ocurrió en México (Rick, 1986).

En México son escasos los trabajos de investigación que permitan la conservación y aprovechamiento de genotipos nativos o silvestres de esta especie. En contraste, a nivel mundial, al menos 25 instituciones de investigación en 23 países están trabajando para aprovechar características y propiedades de los genotipos silvestres que podrían ser incorporadas a híbridos comerciales (Diez y Nuez, 2008). Por ejemplo, el Centro de Recursos Genéticos del Jitomate (TGRC, por sus siglas en inglés) de la Universidad de California, Estados Unidos de América, posee 3,157 accesiones (Diez y Nuez, 2008), de las cuales 20 son originarias de diferentes regiones de México (Nuevo León, Veracruz, Puebla, Campeche, Hidalgo, Yucatán, Guerrero, Sinaloa y Tamaulipas) y pertenecen a las especies *L. esculentum* var. *cerasiforme* (19) y *L. peruvianum* (1) (Chetelat, 2004). El Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV), de Valencia, España, y el Centro Volcani de la Universidad Hebrea de Jerusalén cuentan con 3,917 y 3,076 accesiones de jitomate, respectivamente.

Aunque los frutos de genotipos nativos tienen menor firmeza y vida de anaquel que los híbridos comerciales (Juárez-López *et al.*, 2009), éstos se comercializan en mercados locales y se consumen en Guerrero, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, entre otros estados de México (Ramírez-Vallejo, 2010), debido a que generalmente tienen mayor calidad organoléptica que los frutos de híbridos modernos de jitomate (Ramírez-Vallejo, 2010; Parisi *et al.*, 2008). Además, algunos genotipos nativos tienen igual o mayor contenido de sólidos solubles, de ácido ascórbico y de licopeno (Juárez-López *et al.*, 2009).

La mayoría de los estudios relacionados con el potencial productivo de genotipos nativos de jitomate se han realizado a campo abierto (Rodríguez *et al.*, 2005), y pocas investigaciones se han llevado a cabo en condiciones de invernadero e hidroponía.

El Programa de Conservación y Aprovechamiento de la Agrodiversidad Nativa de Jitomate del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, del Colegio de Postgraduados (México), ha colectado aproximadamente 500 accesiones de jitomate con diversas formas y tamaños para realizar investigaciones acerca de su conservación y aprovechamiento. Una de las líneas que se ha derivado es evaluar el potencial y adaptación agronómica de jitomates nativos para cultivarse en sistemas intensivos en condiciones de invernadero e hidroponía. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características agronómicas de siete genotipos nativos de jitomate por

INTRODUCTION

The tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) has its center of origin in the Andean region, which includes the countries of Colombia, Ecuador, Peru, Bolivia and Chile. Although there is some controversy over where its domestication took place, the most accepted hypothesis is that it happened in Mexico (Rick, 1986).

In Mexico there are few research studies on the conservation and use of native or wild genotypes of this species. Worldwide, by contrast, at least 25 research institutions in 23 different countries are working to take advantage of wild genotype characteristics and properties that could be incorporated into commercial hybrids (Diez and Nuez, 2008). For example, the Tomato Genetics Research Center (TGRC) at the University of California, USA, has 3,157 accessions (Diez and Nuez, 2008), of which 20 are from different regions of Mexico (Nuevo León, Veracruz, Puebla, Campeche, Hidalgo, Yucatán, Guerrero, Sinaloa and Tamaulipas) and belong to the species *L. esculentum* var. *cerasiforme* (19) and *L. peruvianum* (1) (Chetelat, 2004). The Center for Conservation and Improvement of Agro-biodiversity, known by its Spanish acronym COMAV) in Valencia, Spain, and the Volcani Center at the Hebrew University of Jerusalem have 3,917 and 3,076 tomato accessions, respectively.

Although the fruits of native genotypes have less firmness and shelf life than commercial hybrids (Juárez-López *et al.*, 2005), they are sold in local markets and consumed in Guerrero, Puebla, Tlaxcala and Veracruz, among other states of Mexico (Ramírez-Vallejo, 2010), because they generally have greater organoleptic quality than the fruits of modern tomato hybrids (Ramírez-Vallejo, 2010; Parisi *et al.*, 2008). Additionally, some native genotypes have the same or higher soluble solids, ascorbic acid and lycopene content (Juárez-López *et al.*, 2009).

Most studies related to the productive potential of native tomato genotypes have been carried out in the field (Rodríguez *et al.*, 2005), and few studies have been carried out under greenhouse and hydroponic conditions.

At the Colegio de Postgraduados (Graduate College) in Mexico, a program designed to conserve and make use of native tomato agrodiversity has collected about 500 accessions of tomato with different shapes and sizes in order to conduct research on their conservation and use. One research line that has been developed is to determine whether native tomatoes can be adapted to and grown in intensive systems under greenhouse and hydroponic conditions. Therefore, the objective of this research was to evaluate some agronomic characteristics of seven native tomato genotypes from the states of Guerrero and Puebla, grown hydroponically and in a greenhouse, and compare them with a commercial cherry tomato hybrid.

venientes de los estados de Guerrero y Puebla cultivados en hidroponía e invernadero, y compararlos con un híbrido comercial de jitomate "cherry".

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero cubierto de plástico con ventilas laterales y cenitales de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada a 19° 29' LN y 98° 53' LO, a una altitud de 2,240 m. Se evaluaron siete genotipos nativos de jitomate provenientes de Guerrero (JCPRV-05, JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-70 y JCPRV-76) y Puebla (JCPRV-43 y JCPRV-71). En evaluaciones preliminares se observó que la mayoría de estos materiales producían frutos parecidos a los de jitomate tipo "cherry", por lo que se empleó como testigo un híbrido comercial de ese tipo (H-790). Las semillas de los diferentes genotipos se sembraron el 16 de marzo y el trasplante se realizó el 15 de abril de 2007. La densidad fue de cuatro plantas por m² de acuerdo con Márquez-Hernández *et al.* (2006). Se colocó una planta por bolsa negra de polietileno con capacidad de 10 litros, llena con tezontle rojo como sustrato. Las plantas se regaron tres veces al día con solución nutritiva de Steiner al 100 % (Steiner, 1984). Se utilizó un sistema hidropónico abierto y, con base en la etapa fenológica del cultivo, el riego varió de 0.5 a 2.0 litros por planta por día. Las temperaturas dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo fueron 14 y 32 °C (promedio mínimo y máximo, respectivamente).

Se registraron los días requeridos desde la siembra hasta la floración y a la madurez del primer racimo, cuando el 50 % de las flores presentaron apertura floral completa y cuando el 50 % de los frutos maduraron completamente. La altura de planta y el diámetro de tallo se midieron cuando estaba maduro el cuarto racimo. El diámetro de tallo se midió encima del entrenudo de la tercera hoja con un vernier graduado en mm. La altura de planta se midió de la base del tallo al ápice con una regla graduada en cm, cuando maduró el cuarto racimo. Los frutos se cosecharon en racimo y, al momento de la cosecha, se midieron el largo y ancho (diámetro) de fruto con un vernier graduado en mm. También en la cosecha se registró el número de lóculos por fruto, peso fresco y número de frutos, y el rendimiento en seis racimos. Los parámetros relacionados con el fruto se midieron en el tercer fruto de cada racimo contado en el sentido de la maduración natural de los frutos.

Todos los genotipos fueron de hábito indeterminado y se cultivaron a un solo tallo por planta, eliminándose los brotes laterales. Durante la germinación y desarrollo del cultivo se aplicó Captán® (1.0 g·L⁻¹) para prevenir daño de marchitamiento fungoso (*damping off*) causado por *Rhizoctonia* spp, *Phytophthora* spp. y *Phytophthora* spp. Cuando hubo presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), fue controlada con aplicaciones foliares de Confidor® (0.5 mL·L⁻¹).

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in a plastic-covered greenhouse with side and overhead vents at the Universidad Autónoma Chapingo, located at 19° 29' NL and 98° 53' WL, at an altitude of 2,240 m. The study evaluated seven native tomato genotypes from Guerrero (JCPRV-05, JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-70 and JCPRV-76) and Puebla (JCPRV-43 and JCPRV-71). Preliminary assessments showed that most of these materials produced fruits similar to those of the cherry-type tomato, which is why a commercial hybrid of this type (H-790) was used as a control. The seeds of the different genotypes were sown on March 16, 2007 and the transplant was performed on April 15. The density was four plants per m² in accordance with Márquez-Hernández *et al.* (2006). A single plant was placed in a 10-liter black polyethylene bag filled with tezontle as substrate. The plants were watered three times a day with 100 % Steiner universal nutrient solution (Steiner, 1984). An open hydroponic system was used and, based on the crop's phenological stage, irrigation ranged from 0.5 to 2.0 liters per plant per day. Temperatures inside the greenhouse during the crop cycle were 14 and 32 °C (average minimum and maximum, respectively).

Days required from sowing to flowering and to maturity of the first cluster were recorded when 50 % of the flowers showed anthesis and when 50 % of the fruits were fully ripened, respectively. Plant height and stem diameter were measured when the fourth cluster was ripe. Stem diameter was measured above the third leaf internode with a vernier caliper graduated in mm. Plant height was measured from the stem base to the apex with a ruler in cm, when the fourth cluster matured. The fruits were harvested as a cluster and, at the time of harvest, fruit length and width (diameter) were measured with a vernier caliper graduated in mm. Also during the harvest, the number of loculi per fruit, fruit fresh weight, number of fruits and yield in six clusters were recorded. Parameters related to the fruit were measured in the third fruit of each cluster, counted in the sense of the natural ripening of the fruits.

All genotypes had indeterminate growth habits and were grown to a single stem per plant, eliminating the side shoots. During germination and crop development, Captan® (1.0 g·L⁻¹) was applied to prevent *damping-off* damage caused by *Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp. and *Phytophthora* spp. When whitefly (*Bemisia tabaci*) was present, it was controlled with foliar applications of Confidor® (0.5 mL·L⁻¹).

A completely randomized experimental design with 10 replicates was used. The experimental unit was one plant per bag. Analysis of variance, Tukey's comparison of means ($P \leq 0.05$) and correlation analysis were performed.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones. La unidad experimental fue una planta por bolsa. Se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) y análisis de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a floración

En días a floración, los genotipos fueron similares ($P \leq 0.05$) respecto al testigo (Cuadro 1), con excepción de JCPRV-43, que presentó la floración del primer racimo a los 46.7 días después de la siembra (dds). Estos resultados se aproximan a los encontrados por Márquez-Hernández *et al.* (2006), quienes en la variedad de jitomate "cherry" 647 cultivada en invernadero e hidroponía obtuvieron la floración del primer racimo a los 44.3 dds. Sin embargo, son menores a los de Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), quienes en 21 poblaciones semidomesticadas y 28 poblaciones nativas de jitomate cultivadas en invernadero y provenientes de Oaxaca, México, reportaron de 51.8 a 63.1 días desde la siembra hasta la floración del primer racimo. Las diferencias observadas pueden deberse, además de los genotipos empleados, a que el estudio realizado en Oaxaca se llevó a cabo en suelo y el presente trabajo se realizó en hidroponía. Los últimos autores mencionados no reportaron las temperaturas mínimas y máximas dentro del invernadero, las cuales son condiciones ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La importancia de que los genotipos presenten la primera floración en el menor tiempo posible se relaciona con la cosecha temprana del primer racimo (Ho y Hewitt, 1986), y ésta característica es deseable en variedades cultivadas en condiciones protegidas para hacer un uso eficiente del invernadero.

Es importante mencionar que la germinación de los genotipos nativos osciló entre 90 y 99 % (datos no mostrados), lo que demuestra que la semilla empleada tuvo alta viabilidad, traducida en una buena característica agronómica.

Días a madurez

En días a madurez del primer racimo los genotipos evaluados fueron iguales ($P \leq 0.05$) respecto al testigo, con excepción de JCPRV-43 y JCPRV-71, que maduraron a los 117.9 y 109.6 dds, respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados son aproximados a los encontrados por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), quienes reportaron de 91.3 a 106 días desde la siembra hasta la madurez del primer racimo en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate. Chamarro (1995) indica que el inicio de la madurez del fruto de jitomate ocurre 90 días después de la germinación. Por otro lado, Diez y Nuez (2008) mencionan que la precocidad a la madurez es una característica deseable en variedades para consumo en fresco.

RESULTS AND DISCUSSION

Days to flowering

In days to flowering, the genotypes were similar ($P \leq 0.05$) to the control (Table 1), except JCPRV-43, which showed flowering of the first cluster at 46.7 days after sowing (das). These results are similar to those found by Márquez-Hernández *et al.* (2006), who in the cherry tomato variety grown hydroponically in a greenhouse obtained flowering of the first cluster at 44.3 das. However, they are lower than those of Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010), who in 21 semi-domesticated populations and 28 native tomato populations grown in a greenhouse and from Oaxaca, Mexico, reported from 51.8 to 63.1 days from sowing to flowering of the first cluster. The observed differences may be because, in addition to the genotypes employed, the study in Oaxaca was carried out in soil and this work was conducted in hydroponics. The last mentioned authors did not report the minimum and maximum temperatures inside the greenhouse, which are environmental conditions that affect plant growth and development.

The importance of the genotypes presenting first flowering in the shortest time possible is related to early harvest of the first cluster (Ho and Hewitt, 1986), and this feature is desirable in varieties cultivated in protected conditions to achieve efficient greenhouse use.

It is noteworthy that the germination rate of the native genotypes ranged between 90 and 99 % (data not shown), demonstrating that the seed used had high viability, which is a good agronomic characteristic.

Days to maturity

In days to maturity of the first cluster, the genotypes evaluated were the same as ($P \leq 0.05$) the control, except JCPRVC-43 and JCPRVC-71, which matured at 117.9 and 109.6 das, respectively (Table 1). These results approximate those found by Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010), who reported from 91.3 to 106 days from sowing to maturity of the first cluster in semi-domesticated and native tomato populations. Chamarro (1995) indicates that the onset of tomato fruit ripening occurs 90 days after germination. On the other hand, Diez and Nuez (2008) mention that early maturity is a desirable feature in varieties intended for fresh consumption.

Plant height and stem diameter

The JCPRV-43 and JCPRV-05 genotypes (228.1 and 212.6 cm, respectively) were taller ($P \leq 0.05$) than the control, which had a height of 163.1 cm (Table 1). Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010) reported that plant height in semi-domesticated and native tomato populations ranged from 130 to 180 cm at 60 days after transplantation. Plant height is an important feature in indeterminate tomato plants, since in a greenhouse it is desirable to have

Altura de planta y diámetro de tallo

Los genotipos JCPRV-43 y JCPRV-05 (228.1 y 212.6 cm, respectivamente) fueron más altos ($P \leq 0.05$) que el testigo, el cual tuvo una altura de 163.1 cm (Cuadro 1). Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) reportaron que la altura de planta en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate varió de 130 a 180 cm a los 60 días después del trasplante. La altura de planta es una característica importante en plantas de jitomate de crecimiento indeterminado, ya que en invernadero es deseable tener plantas de porte mediano para reducir mano de obra en el manejo del cultivo. Se observó que todos los genotipos presentaron buen comportamiento para altura de planta respecto al testigo, a excepción de JCPRV-43 y JCPRV-05.

En cuanto a diámetro de tallo, el testigo presentó el mayor grosor (18.1 mm) en comparación con los genotipos evaluados. Sin embargo, este parámetro no correlacionó significativamente con el rendimiento en seis racimos (Cuadro 2). Este resultado coincide con el reportado por Mora-Aguilar *et al.* (2006), quienes en seis accesiones de *Physalis peruviana* cultivadas en invernadero y fertirrigación no encontraron correlación significativa entre diámetro de tallo y rendimiento total. Por otro lado, Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) reportaron que el diámetro de tallo varió de 6 a 12 mm en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate. Las diferencias observadas con los resultados del presente estudio, además de los genotipos empleados, pueden deberse al punto de muestreo. Los últimos autores mencionados no reportaron a qué altura o etapa fenológica midieron el diámetro de tallo en las plantas de jitomate.

Largo y ancho del fruto

El genotipo JCPRV-43 (Cuadro 1) presentó la mayor longitud del fruto (30.8 mm), mientras que JCPRV-09 y JCPRV-10 presentaron los menores valores con 17.4 y 16.8 mm, respectivamente; estos últimos fueron inferiores al testigo (25.8 mm). Estos resultados son aproximados a los de Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), quienes en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate reportaron que la longitud del fruto varió de 14 a 31 mm. En este mismo sentido, Vásquez-Ortiz *et al.* (2010) encontraron que la longitud del fruto varió de 24 a 36 mm en 14 colectas de poblaciones nativas de jitomate del centro y sureste de México.

En cuanto al ancho de frutos (diámetro de fruto), el mayor valor (59.6 mm) se obtuvo en JCPRV-43, mientras que JCPRV-71 (32.2 mm) presentó el mismo comportamiento ($P \leq 0.05$) que el testigo. Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) reportaron que en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate el diámetro de fruto varió de 14 a 37 mm. Cabe señalar que todos los genotipos produjeron frutos con forma redondeada, excepto el genotipo JCPRV-43, que produjo frutos de forma acostillada y achatada.

medium-sized plants to reduce labor in crop management. It was found that all genotypes showed good performance for plant height compared to the control, except JCPRV-43 and JCPRV-05.

As for stem diameter, the control had greater thickness (18.1 mm) compared to the genotypes evaluated. However, this parameter is not significantly correlated with performance in six clusters (Table 2). This result coincides with that reported by Mora-Aguilar *et al.* (2006), who in six *Physalis peruviana* accessions grown in a greenhouse and fertigation found no significant correlation between stem diameter and total yield. On the other hand, Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010) reported that stem diameter ranged from 6 to 12 mm in semi-domesticated and native tomato populations. The observed differences with the results of this study, in addition to genotypes used, may be due to the sampling point. The last mentioned authors did not report at what height or phenological stage they measured stem diameter in tomato plants.

Fruit length and width

The JCPRV-43 genotype (Table 1) had the greatest fruit length (30.8 mm), while JCPRV-09 and JCPRV-10 showed the lowest values with 17.4 and 16.8 mm, respectively; the latter were lower than the control (25.8 mm). These results approximate those of Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010), who in semi-domesticated and native tomato populations reported that fruit length ranged from 14 to 31 mm. In this regard, Vásquez-Ortiz *et al.* (2010) found that fruit length ranged from 24 to 36 mm in 14 collections of native tomato populations from central and southeastern Mexico.

In terms of fruit width (fruit diameter), the greatest value (59.6 mm) was obtained in JCPRV-43, while JCPRV-71 (32.2) showed the same performance ($P \leq 0.05$) as the control. Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010) reported in semi-domesticated and native tomato populations that fruit diameter ranged from 14 to 37 mm. It should be noted that all genotypes produced rounded fruit, except genotype JCPRV-43, which produced ribbed and flattened fruit.

Fruit weight

The JCPRV-43 genotype had the highest weight, 35.9 g, while JCPRV-71 (13.3 g) had the same weight ($P \leq 0.05$) as the control (Table 1). According to the listing of tomato varieties for fresh consumption described by Diez and Nuez (2008), the fruit of JCPRV-43 is classified as medium-sized, caliber MMM (< 47 g), and all the other genotypes are very small (< 30 g), typical of cherry tomato fruits. The JCPRV-05, JCPRV-09 and JCPRV-10 genotypes (Table 1) showed lower fruit weight values (6.5, 4.0 and 4.0 g, respectively) compared to the control (12.0 g). However, during the crop cycle the clusters of these genotypes showed high uniformity in flowering, fruit size, fruiting and maturation, giving them characteristics suitable for being harvested.

CUADRO 1. Características fenotípicas de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate “cherry” (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) cultivados en invernadero e hidroponía.

TABLE 1. Phenotypic characteristics of seven native tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes and a commercial cherry tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) grown hydroponically in a greenhouse.

Genotipo Genotype	DF ^z	DM	AP PH (cm)	DT SD (mm)	LF FL (mm)	AF FW (mm)	NL	PF FWE (g)	NF	REN YIE (t·ha ⁻¹)
JCPRV-05	42.9 b ^y	97.5 c	212.6 b	13.9 d	21.8 c	22.0 c	2 b	6.5 bc	43.3 a	11.26 bc
JCPRV-09	42.4 b	96.0 c	154.0 c	15.1 bcd	17.4 d	17.6 c	2 b	4.0 c	37.7 ab	6.03 bc
JCPRV-10	42.8 b	96.3 c	158.8 c	14.7 bcd	16.8 d	18.0 c	2 b	4.0 c	37.7 ab	6.03 bc
JCPRV-43	46.7 a	117.9 a	228.1 a	16.4 ab	30.8 a	59.6 a	5.6 a	35.9 a	44.0 a	63.18 a
JCPRV-70	42.6 b	97.0 c	145.2 d	16.2 bc	19.0 cd	19.8 c	2 b	3.6 c	29.9 bc	4.31 c
JCPRV-71	44.2 b	109.6 b	146.0 d	15.9 bc	29.0 ab	32.2 b	2 b	13.3 b	20.5 c	10.91 bc
JCPRV-76	42.8 b	97.5 c	143.1 d	14.6 cd	19.4 cd	20.0 c	2 b	3.6 c	29.5 bc	4.25 c
H-790	43.0 b	97.5 c	163.1 c	18.1 a	25.8 b	27.8 b	2 b	12.0 b	43.9 a	21.07 b
DMS/LSD	2.35	4.13	9.2	1.8	3.3	4.8	0.39	7.41	9.7	15.62
CV (%)	3.9	2.9	7.0	8.1	7.18	8.7	8.8	51.0	19.4	44.0

^zDF: días a floración al primer racimo; DM: días a madurez del primer racimo; AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; AF: ancho de fruto; LF: largo de fruto; NL: número de lóculos; PF: peso de frutos; NF: número de frutos; REN: rendimiento; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

^yMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^zDF: days to flowering at the first cluster; DM: days to maturity of the first cluster; AP: plant height; SD: stem diameter; FW: fruit width; FL: fruit length; NL: number of loculi; FWE: fruit weight; NF: number of fruits; YIE: yield; LSD: least significant difference; CV: coefficient of variation

^yMeans with the same letter within columns are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

CUADRO 2. Correlaciones de características agronómicas de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate “cherry” (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía.

TABLE 2. Correlations of agronomic characteristics of seven native tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes and a commercial cherry tomato hybrid (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) grown hydroponically in a greenhouse.

Variable	DM	AP PH (cm)	DT SD (cm)	AF FW (cm)	LF FL (cm)	NL	PF FWE (g)	NF	REN YIE (t·ha ⁻¹)
DF ^z	0.98**	0.65	0.59	0.99**	0.90**	0.92**	0.99**	0.22	0.94**
DM		0.52	0.66	0.96**	0.96**	0.83*	0.95**	0.03	0.85*
AP/PH			-0.02	0.68	0.51	0.73	0.70	0.79*	0.80*
DT/SD				0.61	0.55	0.54	0.59	-0.28	0.48
AF/FW					0.88**	0.95**	0.99**	0.26	0.96**
LF/FL						0.69	0.86*	-0.07	0.73
NL							0.96**	0.49	0.99**
PF/FWE								0.32	0.97**
NF									0.52

^zDF: días a floración del primer racimo; DM: días a madurez del primer racimo; AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; AF: ancho de fruto; LF: longitud de fruto; NL: número de lóculos; PF: peso de frutos; REN: rendimiento.

*, **: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

^zDF: days to flowering at the first cluster; DM: days to maturity of the first cluster; PH: plant height; SD: stem diameter; FW: fruit width; FL: fruit length; NL: number of loculi; FWE: fruit weight; YIE: yield.

*, **: significant at $P \leq 0.05$ and 0.01 , respectively.

Peso del fruto

El genotipo JCPRV-43 presentó el mayor peso, con 35.9 g, mientras que el JCPRV-71 (13.3 g) tuvo el mismo peso ($P \leq 0.05$) que el testigo (Cuadro 1). De acuerdo con los tipos varietales de jitomate para consumo en fresco descritos por Diez y Nuez (2008), el fruto del genotipo JCPRV-43 se clasifica como tamaño mediano calibre MMM (< 47 g), y todos los demás genotipos son de tamaño muy pequeño (< 30 g), típico de frutos de jitomate “cherry”. Los genotipos JCPRV-05, JCPRV-09 y JCPRV-10 (Cuadro 1) presentaron menores valores de peso de fruto (6.5, 4.0 y 4.0 g, respectivamente) en comparación con el testigo (12.0 g). Sin embargo, durante el ciclo del cultivo se observó que los racimos de estos genotipos presentaron alta uniformidad en floración, en tamaño de frutos, en fructificación y en maduración, lo que les confiere características adecuadas para ser cosechados en racimo como jitomate tipo “cherry” (Diez y Nuez, 2008). Por su parte, Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) encontraron en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate que el peso de frutos varió de 1.5 a 19.4 g.

El coeficiente de variación (51.0 %) en el peso de frutos indica amplia variabilidad en esta característica, que podría ser aprovechada en programas de fitomejoramiento. Sin embargo, hace falta confirmar esta información

ted in clusters as cherry tomatoes (Diez and Nuez, 2008). For their part, Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010) found in semi-domesticated and native tomato populations that fruit weight ranged from 1.5 to 19.4 g.

The coefficient of variation (51.0 %) in fruit weight indicates wide variability in this feature, which could be exploited in breeding programs. However, this information needs to be confirmed with heritability studies. It is inferred that the indicated coefficient of variation is a result of genotypic variation and agricultural crop management, since it was uniform and greenhouse conditions were optimal for the genotypes to express their maximum potential.

Number of loculi

Except JCPRV-43, which had 5.6 loculi on average (Table 1), native genotypes had bilocular fruits, typical of cherry tomato (Jones, 1999; Ho and Hewitt, 1986). The results approximate those reported by Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010), who in semi-domesticated and native tomato populations found that the number of loculi ranged from 2.0 to 4.4 loculi. The results of this research are also similar to those of Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), who in evaluating 14 collections of native tomato populations reported from two to six loculi in the fruits.

con estudios acerca de su heredabilidad. Se infiere que el coeficiente de variación señalado es resultado de la variación genotípica y debida al manejo agronómico del cultivo, ya que éste fue uniforme y las condiciones en invernadero fueron óptimas para que los genotipos expresaran su máximo potencial.

Número de lóculos

Con excepción de JCPRV-43, que presentó 5.6 lóculos en promedio (Cuadro 1), los genotipos nativos presentaron frutos biloculares, típicos de jitomate "cherry" (Jones, 1999; Ho y Hewitt, 1986). Los resultados se aproximan a los reportados por Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010), quienes en frutos de poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate encontraron que el número de lóculos varió de 2.0 a 4.4 lóculos. Los resultados de la presente investigación también son casi similares a los de Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), quienes al evaluar 14 colectas de poblaciones nativas de jitomate reportaron de dos a seis lóculos en los frutos.

Número de frutos y rendimiento

Los genotipos JCPRV-05 y JCPRV-43 produjeron el mayor número de frutos en seis racimos, con 43.3 y 44.0, respectivamente (Cuadro 1), y fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al testigo (43.9), mientras que el menor número de frutos (20.5) lo presentó JCPRV-71. Los resultados del presente estudio cubren parcialmente los obtenidos por Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), quienes al evaluar 14 colectas de poblaciones nativas de jitomate del centro y sureste de México encontraron de 27 a 43 frutos en cinco racimos. En este mismo sentido, Carrillo-Rodríguez y Chávez-Servia (2010) reportaron que en poblaciones semidomesticadas y nativas de jitomate el número de frutos varió de 20.5 a 46.3 en cinco racimos. El coeficiente de variación (19.4 %) indica que los genotipos tuvieron una estabilidad aceptable para esta característica.

En cuanto al rendimiento en seis racimos, JCPRV-43 ($63.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) fue el único genotipo (Cuadro 1) que superó al testigo ($21.07 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), y produjo frutos achatados y acostillados. De acuerdo con estos resultados, sería conveniente realizar más investigación para aprovechar el potencial productivo de genotipos nativos con forma de frutos achatados y acostillados.

De los genotipos que produjeron frutos redondos, lisos y biloculares, JCPRV-05 y JCPRV-71 presentaron los mayores rendimientos con 11.26 y $10.91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Estos materiales, a pesar de tener un rendimiento menor que el testigo, podrían representar una alternativa para cultivarse y cosecharse en racimo como jitomate "cherry" en invernadero, sobre todo para pequeños productores que no tengan posibilidad de invertir en semilla híbrida.

Fruit number and yield

The JCPRV-05 and JCPRV-43 genotypes produced the highest number of fruits in six clusters, with 43.3 and 44.0, respectively (Table 1), and were statistically equal to the control (43.9), while JCPRV-71 had the lowest number of fruits (20.5). The results of this study partially cover those obtained by Vásquez-Ortiz *et al.* (2010), who in evaluating 14 collections of native tomato populations from central and southeastern Mexico found 27 to 43 fruits in five clusters. In this regard, Carrillo-Rodríguez and Chávez-Servia (2010) reported that in semi-domesticated and native tomato populations the number of fruits ranged from 20.5 to 46.3 in five clusters. The coefficient of variation (19.4 %) indicates that the genotypes had acceptable stability for this feature.

In terms of yield in six clusters, JCPRV-43 ($63.18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) was the only genotype (Table 1) that exceeded the control ($21.07 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), producing flattened and ribbed fruit. Based on these results, it would be desirable to conduct more research to harness the productive potential of native genotypes with flattened and ribbed fruit.

Of the genotypes that produced round, smooth and bilocular fruit, JCPRV-05 and JCPRV-71 had the highest yields with 11.26 and $10.91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively. These materials, despite having a lower yield than the control, could be cultivated and harvested in clusters as cherry tomatoes in greenhouses, especially by small producers who are unable to afford hybrid seed.

The yield in six clusters correlated with most of the variables evaluated ($0.80 \leq r \leq 0.99$), except stem diameter, fruit length and number of fruits (Table 2). It is common in the tomato crop for the characteristic number of fruits to correlate significantly with yield (Diez and Nuez, 2008). However, in this study fruit weight was more important in yield. Vásquez-Ortiz *et al.* (2010) reported in 14 collections of native tomato populations that yield varied from 0.349 to 1.321 kg per plant in five clusters.

The coefficient of variation (44 %) in yield indicates wide variability that could be exploited in breeding programs. However, as in the case of fruit weight, it is necessary to confirm this information with heritability studies. As with fruit weight, it can be inferred that this coefficient is due to genetic variation and agricultural crop management, since the latter was uniform and greenhouse conditions were optimal for the genotypes to express their full potential.

It is important to note that both the genotypes evaluated and the control presented red fruits at maturity, equivalent to the U.S. Department of Agriculture's color grade 6 (Anonymous, 1991).

CONCLUSIONS

El rendimiento en seis racimos correlacionó con el mayor número de variables evaluadas ($0.80 \leq r \leq 0.99$), con excepción del diámetro de tallo, largo del fruto y número de frutos (Cuadro 2). Es común que en el cultivo de jitomate el número de frutos sea una característica que correlacione significativamente con el rendimiento (Diez y Nuez, 2008). Sin embargo, en este estudio fue más importante el peso de frutos en el rendimiento. Vásquez-Ortiz *et al.* (2010) reportaron que en 14 colectas de poblaciones nativas de jitomate el rendimiento varió de 0.349 a 1.321 kg por planta en cinco racimos.

El coeficiente de variación (44 %) en rendimiento indica amplia variabilidad que podría ser aprovechada en programas de mejoramiento genético. Sin embargo, al igual que en el peso de frutos, hace falta confirmar esta información con estudios acerca de su heredabilidad. De manera similar que en la característica peso del fruto, se infiere que el mencionado coeficiente se debe a la variación genética y al manejo agronómico del cultivo, ya que este último fue uniforme y las condiciones en invernadero fueron óptimas para que los genotipos expresaran su máximo potencial.

Es importante señalar que tanto los genotipos evaluados como el testigo presentaron frutos de color rojo en la madurez, equivalente a la clasificación de color 6 de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Anónimo, 1991).

CONCLUSIONES

En las características días a floración y días a madurez del primer racimo, altura de planta, largo de fruto, diámetro de fruto, número de lóculos, peso de fruto y rendimiento, al menos un genotipo nativo superó al testigo (H-790).

El diámetro de tallo fue la única característica morfológica donde el testigo resultó mejor en comparación con los genotipos nativos evaluados.

Por sus características agronómicas, la mayoría de los genotipos evaluados poseen potencial para cultivarse como jitomates tipo "cherry" y algunos de ellos podrían emplearse como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor desea expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) por la beca otorgada para Estudios de Doctorado y por la beca de investigación denominada Apoyo Integral para la Formación de Doctores en Ciencias en la modalidad Tesis Doctoral.

LITERATURA CITADA

ANÓNIMO. 1991. United States standards for grades of fresh tomatoes. United States Department of Agriculture (USDA).

In the characteristics days to flowering and days to maturity of the first cluster, plant height, fruit length, fruit diameter, number of loculi, fruit weight and yield, at least one native genotype exceeded the control (H-790).

Stem diameter was the only morphological feature where the control was better compared to the native genotypes evaluated.

For their agronomic characteristics, most of the genotypes evaluated can be cultivated as cherry tomatoes and some of them could be used as a source of germplasm in breeding programs of this species.

ACKNOWLEDGMENTS

The first author wishes to thank Mexico's National Council for Science and Technology (known by its Spanish acronym CONACYT) for granting him a Ph.D. scholarship and an accompanying research grant.

End of English Version

United States of America. 14 p.

CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C.; CHÁVEZ-SERVIA, J. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 1-6.

CHAMARRO, L. J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. pp. 44-91. *In: El Cultivo del Tomate*. NUEZ, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España.

CHETELAT, R. T. 2004. Revised list of wild species stocks. Tomato Genetics Resource Center. University of California. Davis, CA. USA. 24 p.

DIEZ, M.; NUEZ, F. 2008. Tomato. pp. 1-75. *In: Vegetables II*. PROHENS-TOMÁS, J.; NUEZ, F. (eds.). Springer. Nueva York, USA.

HO, L. C.; HEWITT, J. D. 1986. Fruit Development. pp. 201-239. *In: The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement*. ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (eds.). Chapman and Hall. New York, USA.

JONES, B. 1999. Tomato Plant Culture. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 199 p.

JUÁREZ-LÓPEZ, P.; CASTRO-BRINDIS, R.; COLINAS-LEÓN, T.; RAMÍREZ-VALLEJO, P.; SANDOVAL-VILLA, M.; REED, W.D.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; KING, S. 2009. Evaluación de calidad de siete genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 5-9.

MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C.; CANO-RÍOS, P.; CHEW-MADINAVEITIA, Y. I.; MORENO-RESÉNDIZ, A.; RODRÍGUEZ-DIMAS, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 183-189.

- MORA-AGUILAR, R.; PEÑA-LOMELÍ, A.; LÓPEZ-GAYTÁN, A.; AYALA-HERNÁNDEZ, J. J.; PONCE-AGUIRRE, D. 2006. Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 57-63.
- PARISI, M.; D'ONOFRIO, B.; PENTANGELO, A.; VILLARI, G.; GIORDANO, I. 2008. Morphology, productivity and characterization of the traditional ecotype pomodoro di Sorrento originating from the Campania region, southern Italy. *Acta Horticulturae* 789: 205-209.
- RAMÍREZ-VALLEJO, P. 2010. Conservación y aprovechamiento de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate, pp. 116-126. *In: Producción de Tomate en el Norte de México*. BENAVIDES-MENDOZA, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; RAMÍREZ, h.; SANDOVAL-RANGEL, A. (eds.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- RICK, C. M. 1986. Germoplasm resources in the wild tomato species. *Acta Horticulturae* 190: 39-47.
- RODRÍGUEZ, G.; PRATTA, G.; ZORZOLI, R.; PICARDI, L. A. 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes *nor* y silvestres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 41-46.
- STEINER, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. *In: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilles Culture*. Wageningen, The Netherlands.
- VÁSQUEZ-ORTIZ, R.; CARRILLO-RODRÍGUEZ, J. C.; RAMÍREZ-VALLEJO, P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8: 49-64.