

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE GENOTIPOS NATIVOS
DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN
INVERNADERO E HIDROPONÍA**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

P R E S E N T A:

PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México. 2009

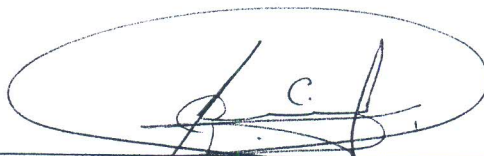


PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA

Tesis realizada por Porfirio Juárez López, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



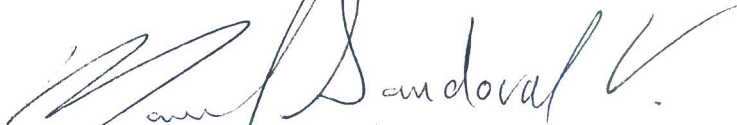
Dr. Rogelio Castro Brindis

ASESOR:



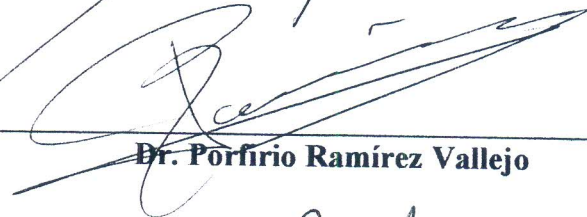
Dra. Ma. Teresa Colinas León

ASESOR:



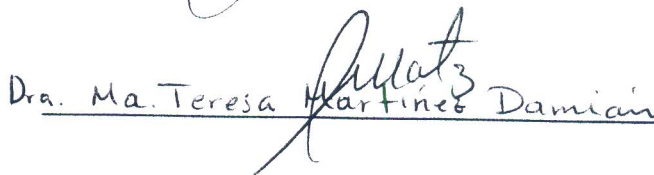
Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR:



Dr. Porfirio Ramírez Vallejo

LECTOR EXTERNO:



Dra. Ma. Teresa Martínez Domínguez

DEDICATORIA

A mis padres: Sra. Nieves López Ferrer y Sr. Eulogio Juárez Aguilar.

A Claudia y Luis Fernando; a Brenda y Daniela Michelle.

A mi familia.

A la familia Ventura Anrubio.

A la familia Reyes Reyna.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), porque con la beca otorgada fue posible realizar mis estudios de doctorado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por haberme otorgado la Beca-Tesis de Posgrado.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis, por su amistad y asesoría en el desarrollo de la investigación durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

A la Dra. Teresa Colinas León, por su asesoría en la fase de poscosecha.

Al Dr. Manuel Sandoval Villa, por su amistad y asesoría en la fase de invernadero.

Al Dr. Portirio Ramírez Vallejo y a su Grupo de Conservación y Aprovechamiento de la Agrodiversidad de Jitomate Nativo, del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética del Colegio de Posgraduados, por la aportación del material vegetativo de los genotipos evaluados.

Al Dr. David Wm. Reed, Dr. Stephen R. King, Dr. Luis Cisneros-Zevallos y M. Sc. Mathew Kent, del Departamento de Horticultura de la Universidad de Texas A&M, por haberme permitido utilizar sus invernaderos y laboratorios. Además, al Dr. Reed por haber aceptado ser mi Co-asesor durante la estancia de investigación.

A la Coordinación del Posgrado de Horticultura, especialmente al Dr. J. Enrique Rodríguez Pérez, por las facilidades brindadas y apoyo para obtener una Beca Mixta del CONACYT, la cual hizo posible realizar una estancia de investigación en el extranjero.

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Porfirio Juárez López -originario de Cuautla, Morelos-, es Ingeniero Agrónomo en Producción por la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" con sede en Saltillo, Coahuila (1995-2000). En 1999 se hizo acreedor al premio "Grupo Bioquímico Mexicano", el cual se otorga al mejor estudiante de la División de Agronomía de cada generación. Durante 2000 y 2001, trabajó como supervisor de producción de rosas de corte en invernadero para exportación en la empresa "Mexflowers S.A. de C.V.", ubicada en Tenancingo, Estado de México. Estudió la Maestría en Ciencias en Fisiología Vegetal en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México (2002-2004). En 2005, trabajó como inspector de campo en la Aseguradora Agrícola "Finrural de Oriente S. C." ubicada en Cuernavaca, Morelos. Realizó estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura en la Universidad Autónoma Chapingo (2006-2009). Como parte de su programa doctoral, realizó una estancia de investigación en la Universidad de Texas A&M (enero-junio de 2008), en College Station, Texas; Estados Unidos de América.

RESUMEN GENERAL

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA

Porfirio Juárez López: autor, porfiriojlopez@yahoo.com. Doctorado en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo.
Dr. Rogelio Castro Brindis: director de tesis.

México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); sin embargo, existen escasos trabajos de investigación que permitan el aprovechamiento de formas nativas. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el potencial de producción y la calidad poscosecha de siete genotipos nativos para cultivarse como jitomates cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme), en condiciones de hidroponía e invernadero provenientes de los Estados de Guerrero (JCPRV-05, JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-70 y JCPRV-76) y Puebla (JCPRV-43 y JCPRV-71), colectados por el Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo; y evaluar el efecto de tres niveles de conductividad eléctrica (1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹) de la solución nutritiva de Steiner sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad poscosecha de los genotipos sobresalientes del primer ciclo de cultivo. El primer ciclo de cultivo se realizó en primavera-verano de 2007 en Chapingo, México y el segundo ciclo en primavera-verano de 2008 en College Station, Texas; Estados Unidos de América. Los testigos fueron los jitomates cherry comerciales H-790 y Super Sweet 100, en Chapingo y Texas, respectivamente. En el primer ciclo de cultivo, se encontró que JCPRV-05, JCPRV-09 y

JCPRV-10 fueron los genotipos nativos más sobresalientes para ser cosechados en racimo como jitomates cherry, por su tamaño pequeño (1.8 - 2.2 cm), forma redonda y color rojo uniforme de fruto; además, presentaron uniformidad en floración, fructificación y maduración de frutos dentro de racimos. En el estudio poscosecha, en firmeza (7.7 N·mm) y en días a 7 % de pérdida de peso (12 d), el testigo superó ($P \leq 0.05$) a los genotipos nativos; sin embargo, en sólidos solubles, acidez titulable, contenido de licopeno, B-caroteno, y ácido ascórbico, la mayoría de los genotipos nativos superaron ($P \leq 0.05$) al testigo. En el segundo ciclo de cultivo, en altura de planta y en lecturas SPAD, independientemente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicada, JCRPV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10 superaron ($P \leq 0.05$) al testigo. Además, el análisis químico foliar confirmó la relación que existe entre lecturas SPAD y concentración de nitrógeno en las hojas de las plantas. Al incrementar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva de 0.5 a 2.0 dS m⁻¹ afectó positivamente ($P \leq 0.05$) el área foliar y el peso de materia seca aérea de los genotipos nativos; sin embargo, éste incremento no afectaron el número de frutos ni el rendimiento en seis racimos. Con excepción de JCPRV-43 en el primer ciclo de cultivo, ninguno de los jitomates nativos superó en rendimiento al testigo en las dos fases de producción evaluadas. La concentración foliar de N, P, K, Ca y Mg, no fue afectado por las conductividades eléctricas, pero éstas tuvieron efecto positivo ($P \leq 0.05$) en la firmeza, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el contenido de licopeno de los frutos, en contraste; las conductividades eléctricas no tuvieron efecto significativo ($P \leq 0.05$) en el contenido de ácido ascórbico ni en el pH de los frutos. El testigo superó ($P \leq 0.05$) a JCPRV-05, JCPRV-09 y JCPRV-10 en firmeza (9.3 N·mm), mientras que JCPRV-05 tuvo el mismo contenido (9.0 %) de sólidos solubles totales que el testigo. JCPRV-05 superó en 4.4 %

al testigo en pH; JCPRV-05 y JCPRV-10 lo superaron en 31.0 % en acidez titulable. En contenido de licopeno, los jitomates nativos superaron al testigo: JCPRV-05 en 42.9 %, JCPRV-09 en 44.0 %, y JCPRV-10 en 47.9 %. JCPRV-05 superó 7.0 % al testigo en contenido de ácido ascórbico. Estos materiales podrían ser utilizados como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético para incrementar el contenido de sólidos solubles, de licopeno y de ácido ascórbico en frutos de esta especie.

PALABRAS CLAVE: evaluación agronómica, rendimiento de frutos, calidad poscosecha, licopeno, ácido ascórbico, antioxidantes.

GENERAL ABSTRACT

Porfirio Juárez López

PRODUCTION AND QUALITY OF NATIVE TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GENOTYPES UNDER GREENHOUSE AND HYDROPONICS

2009

Under de direction of R. Castro-Brindis.

Mexico is considered the center of domestication of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill); however, there are few studies that allow the use of native types. The objectives of this research were to evaluate the production and postharvest quality potential of seven native tomato genotypes grown like cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) in hydroponic and greenhouse conditions from the states of Guerrero (JCPRV-5 , JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-70 and JCPRV-76) and Puebla (JCPRV-43 and JCPRV-71), collected by the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Mexico; and evaluate the effect of three levels of electrical conductivity (1.0, 1.5 and 2.0 dS m⁻¹) of the Steiner nutrient solution on growth, yield and postharvest quality of the outstanding genotypes of the first growing cycle. The first growing cycle was conducted in spring-summer 2007 in Chapingo, Mexico and the second one was conducted in

spring-summer 2008 in College Station, Texas; United States of America. The controls were the commercial cherry tomatoes H-790 and Super Sweet 100, in Chapingo and Texas, respectively. In the first growing cycle, it was found that JCPRV-05, JCPRV-09 and JCPRV-10 were the most outstanding native tomatoes to be harvested in clusters like cherry tomatoes, for its small size (1.8 - 2.2 cm), round and red uniform fruit; in addition, during the growing cycle they showed uniformity in flowering, fruiting and ripening in fruits per cluster. In the postharvest study, in relation to firmness (7.7 N·mm) and days at 7% weight loss (12 d), the control significantly exceeded ($P \leq 0.05$) the native genotypes, but in soluble solids, titratable acidity, lycopene content, B-carotene, and ascorbic acid, most of the native genotypes significantly exceeded ($P \leq 0.05$) the control. In the second growing cycle, plant height and SPAD readings, regardless of the electrical conductivity of nutrient solution applied, JCPRV-05, JCPRV-09, and JCPRV-10 exceeded ($P \leq 0.05$) the control. In addition, the leaf chemical analysis confirmed the relationship between SPAD readings and nitrogen concentration in plant leaves. The electrical conductivities affected positively and significantly ($P \leq 0.05$) leaf area and dry matter weight; however, they did not affect the number of fruit nor yield at six clusters. Except JCPRV-43 in the first growing cycle, none of the native tomatoes outperformed the control in both growing cycles. The leaf concentration of N, P, K, Ca, and Mg was not affected by electrical conductivities, but they had a significantly positive effect ($P \leq 0.05$) on firmness, titratable acidity, total soluble solids content and lycopene in fruit; by contrast, they had no significant effect on either ascorbic acid content or the pH of the fruit. The control significantly exceeded ($P \leq 0.05$) JCPRV-05, JCPRV-09, and JCPRV-10 in firmness (9.3 N·mm), while JCPRV-05 had the same content (9.0) of total soluble solids as the control. JCPRV-05 exceeded the control by

4.4 % in pH; JCPRV-05-10 and JCPRV exceeded the control by 31.0 % in titratable acidity. In lycopene content, the native tomatoes surpassed the control: JCPRV-05 by 42.9 %, JCPRV-09 by 44.0 % and JCPRV-10 by 47.9 %. JCPRV-05 exceeded the control by 7.0 % in the control of ascorbic acid content. These materials could be used as a source of germplasm in genetic improvement breeding programs of this species, and although they have less firmness than the control, they could be sold in regional markets for fresh consumption.

KEY WORDS: agronomical evaluation, fruit yield, postharvest quality, lycopene, ascorbic acid, antioxidants.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN GENERAL.....	vi
GENERAL ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	 1
 2. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS AGRONÓMICO DE SIETE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i> Mill.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA	 5
2.1 RESUMEN.....	5
2.2 ABSTRACT.....	7
2.3 INTRODUCCIÓN.....	9
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
2.6 CONCLUSIONES.....	19
2.7 LITERATURA CITADA.....	20
 3. CALIDAD POSCOSECHA DE SIETE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	 23
3.1 RESUMEN.....	23
3.2 ABSTRACT.....	25
3.3 INTRODUCCIÓN.....	27
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
3.6 CONCLUSIONES.....	36
3.7 LITERATURA CITADA.....	37
 4. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TRES GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	 40
4.1 RESUMEN.....	40
4.2 ABSTRACT.....	42
4.3 INTRODUCCIÓN.....	44
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47

4.6 CONCLUSIONES.....	59
4.7 LITERATURA CITADA.....	61
5. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE TRES GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	64
5.1 RESUMEN.....	64
5.2 ABSTRACT.....	66
5.3 INTRODUCCIÓN.....	67
5.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
5.6 CONCLUSIONES.....	79
5.7 LITERATURA CITADA.....	80
6. DISCUSIÓN GENERAL.....	86
7. CONCLUSIONES GENERALES.....	91
8. LITERATURA CITADA GENERAL.....	94

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1	Características fenotípicas de siete genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.....
	13
Cuadro 2.2	Correlaciones fenotípicas de siete genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2008.....
	15
Cuadro 3.1.	Medias de cinco características de calidad de fruto de siete genotipos nativos jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.....
	31
Cuadro 3.2	Contenido de licopeno, B-caroteno, y ácido ascórbico de siete genotipos silvestres de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.....
	34
Cuadro 4.1	Significancias estadísticas para área foliar, peso de materia seca, longitud de brotes laterales, número de frutos y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) a los 50 días después del transplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008. 2008.....
	53
Cuadro 4.2	Área foliar, peso de materia seca aérea, longitud de brotes laterales, número de frutos y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) a los 50 días después del transplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.....
	54

Cuadro 4.3	Significancias estadísticas para concentración de macronutrientes en hojas de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) a los 50 días después del trasplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.....	57
Cuadro 4.4	Concentración de macronutrientes en hojas de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) a los 50 días después del trasplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.....	58
Cuadro 5.1	Significancias estadísticas seis características de calidad de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. College Station, Texas; 2008.....	71
Cuadro 5.2	Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en seis características de calidad de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. College Station, Texas; 2008.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Diversidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en condiciones de invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.....	18
Figura 4.1 Altura de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en condiciones de invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.0 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	48
Figura 4.2 Dinámica de altura de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.5 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	49
Figura 4.3 Altura de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 2.0 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	49
Figura 4.4 Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.0 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	51
Figura 4.5 Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.5 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	51

Figura 4.6	Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 2.0 dS m ⁻¹ . College Station, Texas; 2008.....	52
------------	---	----

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

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, debido a la existencia de gran diversidad en formas silvestres en todo el país (Rick, 1986).

En nuestro país, son escasos los trabajos de investigación en genotipos nativos de jitomate para su conservación y aprovechamiento. En Estados Unidos de América, el Centro de Recursos Genéticos del Jitomate (TGRC, por sus siglas en inglés) con sede en la Universidad de California-Davis, posee 3157 accesiones de tomates silvestres (Diez y Nuez, 2008), de las cuales 20 accesiones son originarias de diferentes regiones de México (Chetelat, 2004). Además del TGRC, otros 29 Institutos Públicos de Investigación en 23 países, trabajan para aprovechar algunas características que poseen los genotipos silvestres y nativos que podrían ser incorporadas a variedades o híbridos comerciales. Entre estas características se encuentran el porcentaje de sólidos solubles (PNUMA, 2004), el contenido de carotenoides y de vitamina C (Adalid *et al.*, 2008), la resistencia a plagas y enfermedades (Pérez *et al.*, 2008; Tereshonkova *et al.*, 2008; Rick, 1986), la tolerancia al frío (Oyanedel *et al.*, 2001), y la búsqueda de patrones resistentes a enfermedades y factores abióticos para ser utilizados como portainjertos (Mitidieri *et al.*, 2005). También es importante el uso de poblaciones nativas de jitomate

como variedades locales porque estas formas generalmente poseen mayor calidad organoléptica que las variedades modernas de jitomate (Parisi *et al.*, 2008). En contraste, se ha observado que los jitomates nativos poseen menor firmeza y vida de anaquel que los híbridos comerciales.

En México, el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura posee 1325 accesiones de jitomates nativos (SINAREFI, 2008), sin embargo, los resultados de sus investigaciones son escasos o no se han publicado. Los frutos de jitomates nativos se comercializan y consumen, entre otros Estados, en Guerrero, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

El Programa de Colección y Aprovechamiento de la Agrobiodiversidad Nativa de Jitomate, del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, del Colegio de Postgraduados, posee accesiones de jitomate nativo para realizar investigación acerca de su conservación y aprovechamiento. Una de las líneas de investigación que se ha derivado es evaluar el potencial y adaptación agronómica de jitomates nativos para cultivarse en sistemas intensivos en invernadero e hidroponía como jitomates cherry. Además, es importante determinar su calidad poscosecha, ya que estos materiales pueden ser fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético para incrementar el contenido de sólidos solubles y de antioxidantes (Adalid *et al.*, 2008). La conservación y el aprovechamiento de formas silvestres y nativas de jitomate, puede traducirse en ganancias económicas; por ejemplo, un jitomate silvestre ha permitido a los agricultores mejorar en 2.4 % el nivel de sólidos solubles (calidad interna de fruto)

en las variedades comerciales, lo que ha significado 250 millones de dólares de ganancias anuales para los procesadores de jitomate en Estados Unidos de América (PNUMA, 2004).

La calidad de los frutos de jitomate, además del genotipo y del medio ambiente, puede ser influenciada por la nutrición durante el desarrollo del cultivo, y el factor más importante en hidroponía es la conductividad eléctrica de la solución nutritiva (Lara, 1999; Steiner, 1986). Entre la concentración de nutrimentos y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva existe una relación directa; cuando aumenta la conductividad eléctrica, la planta destina mayor energía para absorber agua y nutrimentos, lo cual puede reflejarse en la disminución del desarrollo de la planta; en contraste, la disminución de la conductividad eléctrica podría originar deficiencias nutrimentales en las plantas que afectan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del jitomate (Lara, 1999).

Además del genotipo y las condiciones ambientales, la conductividad eléctrica de la solución nutritiva afecta la apariencia, la firmeza, el sabor de los frutos de tomate (Auerswald *et al.*, 1999), así como el contenido de ácido ascórbico, de sólidos solubles totales y de licopeno (Dumas *et al.*, 2003). Normalmente para la producción comercial de jitomate se recomiendan conductividades eléctricas entre 2.0 dS m⁻¹ (Lara, 1999; Steiner, 1984) y 2.3 ds m⁻¹ (Wu y Kubota, 2008); sin embargo, por la naturaleza de los jitomates nativos, los cuales generalmente se desarrollan en condiciones restringidas de nutrición (Rick, 1986), en este estudio se exploraron conductividades eléctricas de 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹ de la solución nutritiva de Steiner.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar siete genotipos de jitomate nativos para identificar los sobresalientes con base a características agronómicas y morfológicas, para ser cultivados como jitomates cherry en un sistema intensivo en condiciones de invernadero e hidroponía; además, se evaluó la calidad poscosecha de los frutos. Otro objetivo fue evaluar el efecto de tres conductividades eléctricas de la solución nutritiva de Steiner en el crecimiento, el rendimiento, así como en la calidad de los frutos de los genotipos nativos más sobresalientes.

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

2.1 RESUMEN

México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); sin embargo, existe escasa información que permita el aprovechamiento de formas nativas. El objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características de interés agronómico de siete genotipos provenientes de los Estados de Guerrero y Puebla para identificar los sobresalientes para cultivarse como jitomates cherry en invernadero e hidroponía. Como testigo se usó el jitomate cherry comercial H-790. Se evaluó 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; además se evaluó el número de frutos y el rendimiento en seis racimos. Se encontró que con excepción de JCPRV-43, el cual produjo frutos en forma acostillada y achatada, con un promedio de 5.6 lóculos y que requirió ($P \leq 0.05$) mayor número de días a floración (46.7 d) y a madurez (117.9 d) respecto al testigo; todos los genotipos produjeron frutos de forma redondeada, de color rojo, biloculares, y en días a floración fueron iguales ($P \leq 0.05$) que el testigo (43.0 d). Al considerar el peso del fruto, todos los genotipos produjeron frutos de tamaño muy pequeño (< 30 g), típico de frutos de jitomate cherry; con excepción de JCPRV-43 que produjo frutos de tamaño mediano calibre MMM (< 47 g). Los genotipos JCPRV-43 y JCPRV-05 produjeron el mayor número de frutos en seis

racimo con 44.0 y 43.3, respectivamente; y fueron iguales ($P \leq 0.05$) al testigo (43.90). JCPRV-43 (57.58 t ha^{-1}) fue el único genotipo (frutos acostillados y achatados) que superó al testigo en el rendimiento en seis racimos (21.01 t ha^{-1}), mientras que de los genotipos que produjeron frutos redondos, JCPRV-05 presentó el mayor rendimiento (11.47 t ha^{-1}), pero fue inferior al testigo. JCPRV-05, JCPRV-09 y JCPRV-10 fueron los genotipos más sobresalientes para cultivarse en invernadero e hidroponía porque presentaron uniformidad en floración, en fructificación y en maduración de frutos para cosecharse en racimo como jitomates cherry.

PALABRAS CLAVE: precocidad a cosecha, forma y tamaño de fruto, lóculos, rendimiento.

EVALUATION OF CHARACTERISTICS OF AGRONOMICAL IMPORTANCE OF SEVEN NATIVE TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GENOTYPES UNDER GREENHOUSE AND HYDROPONICS

2.2 ABSTRACT

Mexico is considered the center of domestication of the tomato; however, little information exists that allows the use of native types. The objective of this research was to evaluate some characteristics of agronomical importance of seven native tomato genotypes from the states of Guerrero and Puebla to identify genotypes with potential to be grown like cherry tomatoes under hydroponics and greenhouse. As a control, it was used a commercial cherry tomato (H-790). Days to flowering and days to maturity in the first cluster, plant height, stem diameter, fruit length and width, number of locules and weight of fruit; also number of fruits and yield in six clusters were evaluated. It was found that except JCPRV-43, which produced fruit in a ribbed and flattened, with an average of 5.6 and required locules statistically ($P \leq 0.05$) the highest number of days to flowering (46.7 d) and mature (117.9 d) with respect to the control, all genotypes produced round fruit, red, biloculars and days to flowering were statistically equal ($P \leq 0.05$) than the control (43.0 d). Considering the weight of the fruit, all genotypes produced very small fruits (<30 g), typical of cherry tomato fruit, except JCPRV-43 that produced fruits MMM-medium sized (<47 g). Genotypes JCPRV-43 and JCPRV-05 produced the highest number of fruit in six clusters with 44.0 and 43.3 respectively, and were statistically similar ($P \leq 0.05$) to the control (43.90). JCPRV-43 (57.58 t ha⁻¹) was the only genotype (fruit ribbed and flattened) which exceeded the control (21.01 t ha⁻¹)

on yield in six clusters, while the genotypes that produced round fruit, JCPRV-05 had the highest yield (11.47 t ha^{-1}), but it had less yield than the control. JCPRV-05, JCPRV-09 and JCPRV-10 were the best native genotypes to be grown in greenhouse and hydroponics because they showed uniformity in flowering, fruiting and ripening to be harvested in clusters like cherry tomatoes.

KEY WORDS: early harvest, size and shape of fruit, locules, yield.

2.3 INTRODUCCIÓN

Aunque existe cierta controversia acerca del lugar donde se llevó a cabo la domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), la hipótesis más aceptada es que ocurrió en México (Rick, 1986) por existencia de gran diversidad de formas silvestres de la especie en todo el país (Jones *et al.*, 2000).

En nuestro país, son escasos los trabajos de investigación en relación con genotipos nativos o silvestres de jitomate que permitan su conservación y aprovechamiento, a diferencia de otros países. Por ejemplo, en Estados Unidos de América, el Centro de Recursos Genéticos del Jitomate (TGRC, por sus siglas en inglés) con sede en la Universidad de California-Davis, posee 3157 accesiones de jitomates silvestres (Diez y Nuez, 2008), de las cuales 20 accesiones son originarias de diferentes regiones de México (Nuevo León, Veracruz, Puebla, Campeche, Hidalgo, Yucatán, Guerrero, Sinaloa y Tamaulipas); 19 de ellas son *L. esculentum* var. *cerasiforme*, y uno es *L. peruvianum* (Chetelat, 2004). El Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana (COMAV), con sede en Valencia, España posee 3917 accesiones de jitomates silvestres. Por su parte The Volcani Center de la Universidad Hebrea de Jerusalén posee 3076 accesiones de tomate (Diez y Nuez, 2008). Éstos y al menos 25 Instituciones Públicas de Investigación en 23 países están trabajando para aprovechar algunas características que poseen los genotipos silvestres que podrían ser incorporadas a híbridos comerciales (Diez y Nuez, 2008).

La importancia de conservar las formas nativas y silvestres de jitomate como fuente de germoplasma radica en su valor económico; por ejemplo, un jitomate silvestre ha

permitido a los agricultores mejorar en 2.4 % el nivel de sólidos solubles en las variedades comerciales, lo que ha significado 250 millones de dólares de ganancias anuales para los procesadores de jitomate en Estados Unidos de América (PNUMA, 2004).

En México, el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura posee 1325 accesiones de jitomates nativos (SINAREFI, 2008), sin embargo, los resultados de sus investigaciones son escasos o no se han publicado. Los frutos de jitomates nativos se comercializan y consumen, entre otros Estados, en Guerrero, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Recientemente, el Programa de Conservación y Aprovechamiento de la Agrobiodiversidad Nativa de Jitomate, del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, del Colegio de Posgraduados, ha colectado accesiones de jitomate con el fin de realizar investigación acerca de su conservación y aprovechamiento. Una de las líneas de investigación que se ha derivado es evaluar el potencial y adaptación agronómica de jitomates nativos para cultivarse en sistemas intensivos en invernadero e hidroponía como jitomates cherry. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar algunas características de interés agronómico de siete genotipos nativos de jitomate provenientes de los Estados de Guerrero y Puebla para identificar los más sobresalientes con potencial para su cultivo en hidroponía e invernadero.

2.4 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, y una altura de 2240 m. Se evaluaron siete genotipos nativos de jitomate provenientes de Guerrero (JCPRV-5, JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-70 y JCPRV-76) y Puebla (JCPRV-43 y JCPRV-71). Como testigo se utilizó el jitomate cherry comercial H-790. Tanto los genotipos silvestres como el testigo se sembraron el 16 de marzo y el transplante se realizó el 15 de abril de 2007. La densidad fue de 4 plantas por m². Se colocó una planta por maceta, la cual consistió en una bolsa negra de polietileno con capacidad de 10 litros, llenada con tezontle rojo como sustrato. Las plantas se regaron diariamente tres veces con la solución nutritiva de Steiner al 100% (Steiner, 1984). Se utilizó un sistema hidropónico abierto. Con base en la etapa fenológica del cultivo el riego varió de 0.5 a 2.0 litros por planta por día. Las temperaturas medias extremas dentro del invernadero durante el ciclo del cultivo fueron 14 y 32 °C.

Se evaluaron días a floración y a madurez en el primer racimo, altura de planta y el diámetro de tallo se determinaron cuando estaba maduro el quinto racimo, el diámetro de tallo se midió encima del entrenudo de la tercera hoja con un vernier graduado en mm; el largo y ancho de fruto también se determinó con un vernier graduado en mm, el número de lóculos y el peso del fruto; además, se evaluó el número de frutos y el rendimiento en seis racimos. 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 litro⁻¹) para prevenir daño de *damping off* causado por *Rhizoctonia* spp, *Phytium* spp. y *Phytophthora* spp. Cuando

hubieron infestaciones leves de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), se controlaron con aplicaciones foliares de Confidor®. Los frutos se cosecharon en racimo.

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

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a floración

El genotipo más tardío ($P \leq 0.05$) para presentar la primera floración fue JCPRV-43 (42.8) días después de la siembra (dds), los demás genotipos fueron similares ($P \leq 0.05$) respecto al testigo (Cuadro 2.1).

Estos resultados son inferiores a los reportados por Velasco-Hernandez *et al.* (2004) quienes en el jitomate Río Grande encontraron valores de 72.86 a 74.66 dds al inicio de la floración. Las diferencias observadas pueden deberse, además del genotipo, a que el jitomate Río Grande fue cultivado en campo abierto, mientras que el presente estudio se realizó en condiciones de invernadero con sistema hidropónico. Por su parte, Márquez *et al.* (2006) encontraron en la variedad de jitomate cherry 647 un valor promedio de 44.3 dds a la primera floración. Estos resultados se aproximan a los encontrados en los genotipos nativos evaluados en este estudio, y coinciden en que ambos trabajos fueron conducidos en condiciones protegidas e hidroponía. La importancia de que los genotipos

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

Cuadro 2.1. 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. Chapingo, México; 2007.

Genotipo	DF ^z	DM	AP (cm)	DT (mm)	AF (mm)	LF(mm)	NL	PF (g)	NF	REN (t ha ⁻¹)
JCPRV-05	42.9 b ^y	97.5 c	212.6 b	13.9 d	22.0 c	21.8 c	2 b	6.5 bc	43.3 a	11.47 bc
JCPRV-09	42.4 b	96.0 c	154.0 c	15.1 bcd	17.6 c	17.4 d	2 b	4.0 c	37.7 ab	5.58 bc
JCPRV-10	42.8 b	96.3 c	158.8 c	14.7 bcd	18.0 c	16.8 d	2 b	4.0 c	37.7 ab	5.48 bc
JCPRV-43	46.7 a	117.9 a	228.1 a	16.4 ab	59.6 a	30.8 a	5.6 a	35.9 a	44.0 a	58.57 a
JCPRV-70	42.6 b	97.0 c	145.2 d	16.2 bc	19.8 c	19.0 cd	2 b	3.6 c	29.9 bc	3.92 c
JCPRV-71	44.2 b	109.6 b	146.0 d	15.9 bc	32.2 b	29.0 ab	2 b	13.3 b	20.5 c	8.1 bc
JCPRV-76	42.8 b	97.5 c	143.1 d	14.6 cd	20.0 c	19.4 cd	2 b	3.6 c	29.5 bc	4.01 c
H-790	43.0 b	97.5 c	163.1 c	18.1 a	27.8 b	25.8 b	2 b	12.0 b	43.9 a	21.01 b
DMS	2.35	4.13	9.2	1.8	4.8	3.3	0.39	7.41	9.7	15.62
CV (%)	3.9	2.9	7.0	8.1	8.7	7.18	8.8	51.0	19.4	46

^zDF: días a floración al primer racimo; DM: días a madurez al primer racimo; AP: altura de planta; DM: 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.

^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

Días a madurez

Los genotipos JCPRV-43 y JCPRV-71 (Cuadro 2.1) fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) que el testigo en días a madurez del primer racimo (117.9 y 109.6 dds, respectivamente). Los demás genotipos fueron iguales ($P \leq 0.05$) respecto al testigo.

Estos resultados se aproximan a los reportados por Vásquez *et al.* (2008) quienes en dos accesiones de jitomate encontraron 97 y 110 dds a la madurez del fruto. Chamarro (1995) indica que el inicio de la madurez del fruto de jitomate en climas cálidos durante verano ocurre 90 días después de la germinación. La precocidad a la madurez es una característica deseable en nuevas variedades para consumo en fresco porque de esta manera se hace un uso eficiente del invernadero (Diez y Nuez, 2008).

Altura de planta y diámetro de tallo

La altura de JCPRV-43 y JCPRV-05 (228.1 y 212.6 cm, respectivamente) fueron más altos ($P \leq 0.05$) que el testigo, el cual presentó 163.1 cm (Cuadro 2.1). La altura de planta es una característica importante por el hábito de crecimiento indeterminado de estos genotipos, ya que en invernadero es deseable tener plantas posean un buen número de racimos de porte mediano o bajo que para reducir mano de obra en el manejo del cultivo, por lo que con excepción de JCPRV-43 y JCPRV-05; todos los genotipos presentaron buen comportamiento para altura de planta respecto al testigo.

El testigo presentó el mayor diámetro de tallo (18.1 mm) y superó a todos los genotipos; sin embargo, el diámetro de tallo no correlacionó con el rendimiento (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Correlaciones 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. Chapingo, México; 2008.

Variable	DM	AP (cm)	DT (cm)	AF (cm)	LF (cm)	NL	PF (g)	NF	REN (ton ha ⁻¹)
DF	0.98** ^y	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			-0.02	0.68	0.51	0.73	0.70	0.79*	0.80*
DT				0.61	0.55	0.54	0.59	-0.28	0.48
AF					0.88**	0.95**	0.99**	0.26	0.96**
LF						0.69	0.86*	-0.07	0.73
NL							0.96**	0.49	0.99**
PF								0.32	0.97**
NF									0.52

^zDF: días a floración al primer racimo; DM: días a madurez al 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.

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

Largo y ancho del fruto

JCPRV-43 presentó la mayor anchura (59.6 mm), mientras que JCPRV-71 (32.2 mm) estadísticamente ($P \leq 0.05$) presentó el mismo comportamiento que el testigo (27.8 mm; Cuadro 2.1). JCPRV-43 presentó la mayor longitud del fruto (30.8 mm), mientras que los genotipos JCPRV-09 y JCPRV-10 presentaron los menores valores, con 17.4 y 16.8 mm, respectivamente; y fueron inferiores al testigo (25.8 mm). Todos los frutos fueron de color rojo y de forma redonda, excepto el genotipo JCPRV-43 que produjo frutos de forma acostillada y achatada (Figura 2.1).

Peso del fruto y número de lóculos

JCPRV-43 presentó el mayor peso con 35.9 g mientras que el JCPRV-71 (13.3 g) presentó estadísticamente ($P \leq 0.05$) el mismo peso que el testigo (12.0 g; Cuadro 2.1). 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. El coeficiente de variación de 51.0 % indica gran variabilidad en esta característica que podría ser aprovechada en programas de fitomejoramiento; sin embargo, hace falta confirmar esta información con estudios acerca de su heredabilidad.

Los genotipos JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10 presentaron valores peso de fruto bajo (6.5, 4.0, y 4.0 g, respectivamente) en comparación con el testigo (12 g); sin embargo, durante el ciclo del cultivo se observó que los racimos de éstos genotipos presentaron uniformidad en floración, en tamaño de frutos, en fructificación y en maduración, lo que les confiere características adecuadas para ser cosechados en racimo como jitomates tipo cherry (Diez y Nuez, 2008).

Con excepción de JCPRV-43 que presentó un promedio de 5.6 lóculos (Cuadro 2.1), los genotipos presentaron frutos biloculares, típicos de jitomate cherry (Jones, 1999; Ho y Hewit, 1986).

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 2.1); y fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al testigo (43.9). El menor número de frutos (20.5) lo presentó JCPRV-7. El número de frutos está influenciado por factores genéticos y por las condiciones ambientales durante el desarrollo (Chamarro, 1995; Ho y Hewit, 1986). El coeficiente de variación (19.4 %) indica que los genotipos tuvieron una estabilidad aceptable para esta característica.

JCPRV-43 (57.58 t ha^{-1}) fue el único genotipo que superó al testigo (21.01 t ha^{-1}) en rendimiento en seis racimos (Cuadro 2.1); sin embargo, JCPRV-43 produjo frutos achatados y acostillados. De los genotipos que produjeron frutos redondos y lisos, JCPRV-05 presentó el mayor rendimiento (11.47 t ha^{-1}). El coeficiente de variación de 46 % indica amplia variabilidad que podría ser aprovechada en programas de mejoramiento genético; sin embargo, al igual en el peso de frutos, hace falta realizar más investigación acerca de su heredabilidad para que estas características puedan ser incorporadas en variedades o híbridos comerciales.

El rendimiento correlacionó con el mayor número de variables evaluadas ($0.79^* \leq r \leq 0.99^{**}$), con excepción del diámetro de tallo (Figura 2.2). El ancho y largo del fruto correlacionaron significativamente ($r = 0.99^{**}$) con el rendimiento; en contraste, el número de frutos no mostró correlación con el rendimiento, esto indica buena estabilidad en el número de frutos de los genotipos evaluados en este estudio.

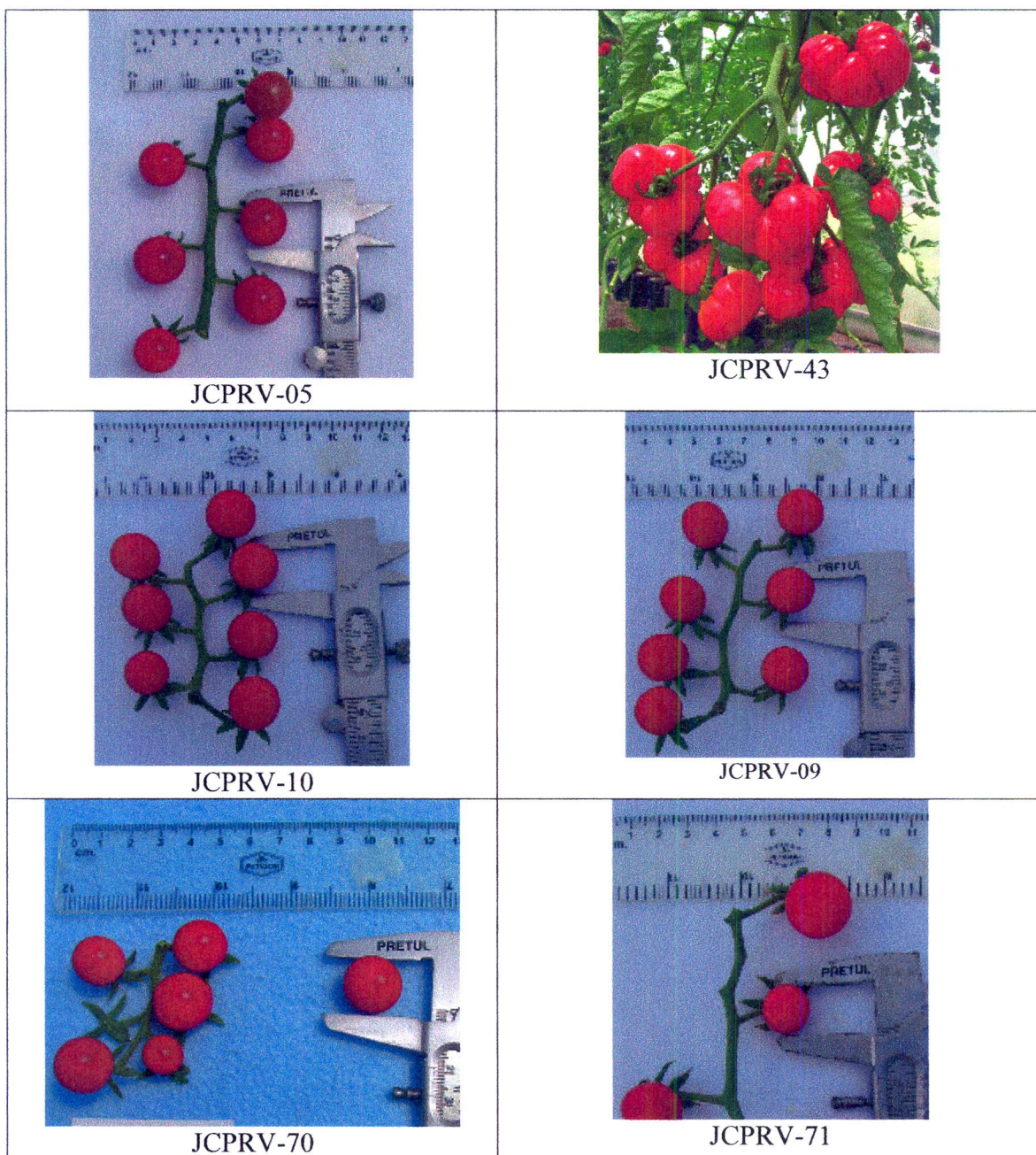


Figura 2.1. Diversidad de frutos de los genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cultivados en condiciones de invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.

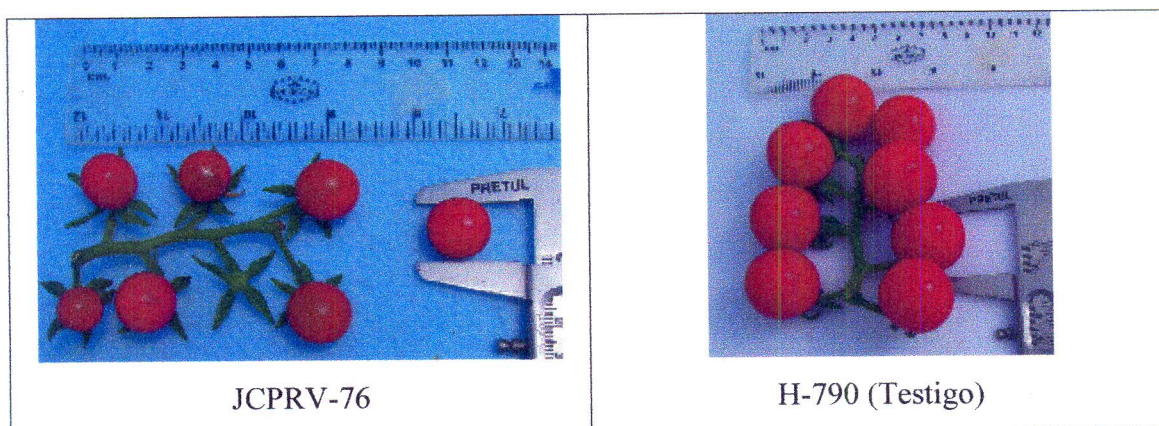


Figura 2.1. Diversidad de frutos de los genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) evaluados en condiciones de invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.

2.6 CONCLUSIONES

El genotipo JCPRV-43 fue el más tardío en días a floración y en días a madurez del fruto. Con excepción del genotipo JCPRV-43, el cual produjo frutos rojos de forma acostillada y achatada; todos los genotipos produjeron frutos rojos de forma redondeada. Todos los genotipos presentaron frutos biloculares, excepto el genotipo JCPRV-43 el cual presentó en promedio 5.6 lóculos.

Al considerar el peso del fruto, todos los genotipos produjeron frutos de tamaño muy pequeño (< 30 g), típico de frutos de jitomates tipo cherry; con excepción de JCPRV-43 que produjo frutos de tamaño mediano calibre MMM (< 47 g).

Los genotipos JCPRV-43 y JCPRV-05 produjeron el mayor número de frutos en seis racimos con 44.0 y 43.3, respectivamente; y fueron estadísticamente iguales al testigo (43.90).

JCPRV-43 (57.58 t ha^{-1}) fue el único genotipo que superó al testigo (21.01 t ha^{-1}) en rendimiento al sexto racimo, sin embargo, JCPRV-43 produjo frutos achatados y acostillados. De los genotipos que produjeron frutos redondos y lisos, JCPRV-05 presentó el mayor rendimiento (11.47 t ha^{-1}).

2.7 LITERATURA CITADA

- Chamarro L., J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. *In*: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 44-91.
- Chetelat, R. T. 2004. Revised list of wild species stocks. Tomato Genetics Resource Center. University of California, Davis, USA. 24 p.
- Diez, M. J., F. Nuez 2008. Tomato. *In*: Vegetables II. J. Prohens and F. Nuez (eds.). Springer. Nueva York, USA. pp: 1-75.
- Ho, L. C., J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. *In*: The Tomato Crop. J. G. Atherton and J. Rudich. Chapman and Hall. New York. pp: 201-239.
- IPGRI. 1996. Descriptores para tomate (*Lycopersicon* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma, Italia. 50 p.

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

Jones, J. B., J. P. Jones, R. E. Stall, T. A. Zitter. 2000. Plagas y enfermedades del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 2-3.

Lara, H., A. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.

Márquez, H. C., R. P. Cano, M. Y. I. Chew, R. A. Moreno, D. N. Rodriguez. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 12: 183-189.

Mora, A. R., L. A. Peña, G. E. López, H. J. J. Ayala, A. D. Ponce. 2006. Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. Revista Chapingo Serie Horticultura 12: 57-63.

Pérez C. A., M. J. Diez, F. Nuez. 2008. Breeding for resistance to Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) at the Institute for the Conservation and Improvement of Agrodiversity (COMAV). Acta Horticulturae 789: 107-114.

PNUMA. 2004. Cada cultivo necesita a sus parientes. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen de prensa para México, América Latina y el Caribe. 12 p.

Rick, C. M. 1986. Germoplasm resources in the wild tomato species. Acta Horticulturae 190: 39-47.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.

Thereshonkova, T. A., N. S. Gorshkova, S. I. Ignatova, N. A. Makarova. 2008. Breeding "cherry" and "cocktail" tomato F1 hybrids possessing multiple disease resistance. *Acta Horticulturae* 789: 205-209.

Oyanedel, E., D. W. Wolfe, A. J. Monforte, S. D. Tanksley, T. G. Owens. 2001. Using *Lycopersicon hirsutum* as a source of cold tolerance in processing tomato breeding. *Acta Horticulturae* 542:387-391.

SINAREFI. 2008. Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. En línea: Consultado el 15 de mayo de 2009.

Vásquez, O. R., R. J. C. Carrillo, S. J. L. Chávez, V. P. Ramírez. 2008. Descripción agromorfológica de una muestra de jitomates de diferentes regiones de México. *In: Memoria del XXII Congreso Nacional y Segundo Internacional de Fitogenética*. Chapingo, México. p. 308.

Velasco H. E., V. I. Miranda, A. R. Nieto, R. H. Villegas. 2004. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10: 239-246.

3. CALIDAD POSCOSECHA DE SIETE GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

3.1 RESUMEN

México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); sin embargo, existe escasa información que permita el aprovechamiento de formas nativas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad poscosecha de siete genotipos provenientes de Guerrero (JCPRV-5, JCPVR-09, JCPRV-10, JCORV-70 y JCPRV-76) y Puebla (JCPRV-43, JCPRV-71), cultivados en invernadero y en un sistema hidropónico abierto. Como testigo se usó un híbrido comercial de jitomate cherry (H-790). Se evaluó firmeza, días para alcanzar 7 % de pérdida de peso, pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de licopeno, B-caroteno, y de ácido ascórbico. Se encontraron diferencias significativas en todas las variables, excepto en pH, el cual varió de 4.1 a 4.4. En firmeza, el testigo superó en 19.5 % al genotipo silvestre que presentó mayor resistencia a la penetración (JCPRV-05). En días para presentar 7 % de pérdida de peso, el testigo superó en 20.6 % a JCPRV-10, el cual presentó el mayor lapso de los genotipos nativos. En sólidos solubles totales, JCPRV-05 superó al testigo en 10 %. En acidez titulable, JCPRV-43 superó al testigo en 23 %. En contenido de licopeno, JCPRV-09 superó al testigo en 6.1 %. Respecto al contenido de B-caroteno, JCPRV-76 superó en 4.0 % al testigo; y en contenido de ácido ascórbico, JCPRV-76 superó al testigo 35.4 %. En sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de licopeno, contenido de B-caroteno, y contenido de ácido

ascórbico, la mayoría de los genotipos nativos superaron al testigo (H-790) y podrían ser utilizados como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético del jitomate.

PALABRAS CLAVE: Antioxidantes, licopeno, ácido ascórbico, B-caroteno, hidroponía.

POSTHARVEST QUALITY OF SEVEN NATIVE TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GENOTYPES

3.2 ABSTRACT

Mexico is considered the center of domestication of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill); however, little information exists that allows the use of native types. The objective of this study was to evaluate the postharvest quality of seven native tomato genotypes from Guerrero (JCPRV-5, JCPVR-09, JCPRV-10, JCORV-70 and JCPRV-76) and Puebla (JCPRV-43, JCPRV-71) grown in a greenhouse and in an open hydroponic system. A commercial hybrid cherry tomato (H-790) was used as a control. Firmness, days to achieve 7% weight loss, pH, total soluble solids, titratable acidity, lycopene content, B-carotene, and ascorbic acid were evaluated. There were significant differences in all variables, except pH, which ranged from 4.1 to 4.4. In firmness, the control surpassed 19.5% to JCPRV-05, which was the native genotype with the highest penetration resistance. In days to 7% weight loss, they exceeded 20.6 % at JCPRV-10, which had the highest span of the wild genotypes. Total soluble solids, JCPRV-05 in the control exceeded 10%. JCPRV-43 exceeded in 23 % to the control in titratable acidity. In lycopene content, JCPRV-09 exceeded to the control in 6.1%. Regards to B-carotene, JCPRV-76 exceeded 4.0% to the control and ascorbic acid content, JCPRV-76 over passed to the control in 35.4%. The most native genotypes exceeded the control

(H-790) in total soluble solids, titratable acidity, lycopene content, content of B-carotene scorbic acid content, and they could be used as a source of germplasm in breeding programs of tomato.

KEY WORDS: Antioxidants, lycopene, ascorbic acid, B-carotene, hydroponics.

3.3 INTRODUCCIÓN

Aunque existe cierta controversia acerca del lugar donde se llevó a cabo la domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), la hipótesis más aceptada es que ocurrió en México por la existencia de gran diversidad de formas silvestres de la especie en todo el país (Rick, 1986). Sin embargo, las existen escasos trabajos de investigación de jitomates nativos acerca de su calidad poscosecha que permitan el aprovechamiento de estos recursos genéticos de nuestro país. Se ha reportado que varios genotipos silvestres o nativos de jitomate producen frutos con una concentración de sólidos solubles mayor que el de las variedades cultivadas (Martínez-Barajas, 2003; Young *et al.*, 1993). Los criterios de calidad más importantes para el jitomate son: firmeza (Batu, 2004), sólidos solubles totales y acidez titulable (Jones, 1999); además es importante considerar las propiedades nutraceuticas asociadas con antioxidantes y su efecto anticancerígeno: licopeno (Collings *et al.*, 2006; Simonne *et al.*, 2006; Agarwal y Rao, 2000) y ácido ascórbico (Franke *et al.*, 2004; Sahlin y Savage, 2004; Lee y Kader, 2000). El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad poscosecha de siete genotipos silvestres de jitomate provenientes de los estados de Guerrero y Puebla, México.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y manejo precosecha

Frutos de siete genotipos silvestres de jitomate provenientes de Guerrero (JCPRV-5, JCPVR-09, JCPRV-10, JCORV-70 y JCPRV-76) y Puebla (JCPRV-43, JCPRV-71), se cosecharon de plantas cultivadas en hidroponía sin recirculación y en condiciones de

invernadero en Chapingo, estado de México, localizado a 19° 29' LN y 98° 53' LO, y una altura de 2240 m. El testigo utilizado fue un híbrido comercial de jitomate tipo cherry (H-790). Las plantas se regaron diariamente tres veces al día con la solución de Steiner (1984) al 100 %. Los frutos analizados estaban sanos y en etapa madura con color rojo uniforme.

Firmeza

Se determinó en la parte ecuatorial del fruto con un penetrómetro digital Gauge[®], los resultados se reportan en Newtons (N mm⁻¹).

pH

Se licuaron 10 g de tomate y se agregaron 30 mL de agua destilada, después el pH se midió directamente con un potenciómetro eléctrico Zeromatic[®] modelo SS-3.

Sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT)

Los SST se determinaron agregando directamente dos gotas de jugo del fruto sobre el sensor de un refractómetro Atago[®] con escala de 0-32 %, se calibró con agua destilada antes de cada medición, los resultados se reportan en grados Brix. AT se determinó de acuerdo con el método AOAC 942.15 (AOAC, 1995) y los resultados se expresan en porcentaje de ácido cítrico.

Días para alcanzar 7 % de pérdida de peso (DPP)

Se consideraron los días que tardaron los frutos en presentar el 7 % de pérdida de peso (DDP), ya que se ha reportado que cuando los frutos han perdido entre 5 y 10 % de agua

debido a la transpiración presentan apariencia indeseable debido al marchitamiento, y disminución de la calidad en la firmeza y el valor nutricional. DDP se determinó pesando diariamente los frutos en una báscula Mettler® modelo AJ150 con aproximación de 0.0001 g. Ésta variable se determinó por la siguiente fórmula:

% pérdida de peso: $[(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] * 100$.

Se reportan los días que tardaron los frutos en presentar 7% de pérdida de peso acumulado.

Licopeno y B-caroteno

El licopeno y B-caroteno se extrajeron de los frutos usando una mezcla de hexano:acetona:etanol (2:1:1) mediante el método de Sadler *et al.*, (1990). El contenido de licopeno y B-caroteno se determinó por espectrofotometría a 472 y 450 nm respectivamente, usando un coeficiente de extinción ($E^{1\%}_{1\text{ cm}}$) de 3450 para licopeno y de 2580 para B-caroteno (Sharma y Le Maguer, 1996; Davis, 1976). Los resultados se expresaron en mg·100 g de peso seco (PS).

Ácido ascórbico

El contenido de ácido ascórbico se determinó mediante la metodología descrita por Albrecht (1993). Se tituló un peso conocido de muestra con colorante 2,6-dichlorofenol-indofenol usando ácido metafosfórico al 3 % como medio de extracción. Los resultados se expresaron en mg·100 g peso fresco (PF).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones y la unidad experimental consistió de un fruto recién cosechado en etapa maduro con color rojo uniforme. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. Se consideraron diferencias significativas cuando $P \leq 0.05$.

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza

Se encontraron valores desde 4.1 N mm^{-1} (JCPRV-70) hasta 7.7 N mm^{-1} en el testigo (H-790; Cuadro 3.1). El genotipo nativo con mayor resistencia a la penetración (JCPRV-05) presentó 6.23 N mm^{-1} , lo que significa 19.5 % menos firmeza que el testigo. Batu (2004) señaló que los frutos de tomate deben tener 1.45 N mm^{-1} como mínimo de firmeza aceptable para ser comercializados, por lo que se puede asegurar que al momento de la cosecha todos los genotipos evaluados presentaron una firmeza aceptable. Además, se infiere que el híbrido comercial presentó mayor firmeza debido a que posee un proceso de selección genética a diferencia de los genotipos nativos.

Días para presentar 7 % de pérdida de peso

El testigo superó ($P \leq 0.05$) en 20.6 % (12.6 d) a JCPRV-10, el cual presentó el mejor comportamiento de los genotipos nativos (10 d) para presentar 7 % de pérdida de peso (Cuadro 3.1). Los menores valores los presentaron JCPRV-70 y JCPRV-76 con 5.3 d. En general todos los genotipos nativos podrían comercializarse en mercados locales.

Cuadro 3.1. Medias de cinco características de calidad de fruto de siete genotipos nativos jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.

Genotipo	Firmeza (^z N·mm)	DDP 7 %	pH	SST (°Brix)	AT (% AC)
JCPRV-05	6.2 ab ^y	8.0 bcd	4.3 a	8.0 a	0.50 c
JCPRV-09	5.4 bc	9.6 bc	4.1 a	6.3 ab	1.00 a
JCPRV-10	5.4 bc	10.0 b	4.3 a	6.0 ab	0.82 b
JCPRV-43	4.9 bc	7.6 cd	4.4 a	6.7 ab	1.01 a
JCPRV-70	4.1 c	5.3 e	4.2 a	5.8 b	0.76 b
JCPRV-71	4.8 bc	7.0 de	4.3 a	7.5 ab	0.76 b
JCPRV-76	4.7 bc	5.3 e	4.2 a	7.8 a	0.82 b
H-790 (cherry)	7.7 a	12.6 a	4.4 a	7.2 ab	0.77 b
DMS	2.02	2.15	0.26	2.01	0.10

^zN: newtons; DDP 7 %: días para presentar 7 % de pérdida de peso; SST: sólidos solubles totales; AT: acidez titulable; AC: ácido cítrico; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

pH

El pH fue la única variable donde no se encontraron diferencias significativas en los genotipos evaluados (Cuadro 3.1). Se encontraron valores de pH de 4.1 a 4.4. Estos resultados son similares a los reportados por Nuez (1995) quien menciona que el pH de los frutos de tomate oscila entre 4.0 y 4.8; Cantwell (1998) encontró pH de 4.1 en frutos rojos y Jiménez *et al.* (1996) reportaron valores de pH de 4.2 en frutos de tomate en etapa de madurez rojo maduro.

Sólidos solubles totales (SST)

Los valores de SST variaron desde 5.8 (JCPRV-70) hasta 8.0 °Brix (JCPRV-05) (Cuadro 3.1). El testigo presentó 7.2 °Brix, lo que significa 10 % menos que el mejor genotipo nativo. Los resultados encontrados son aproximados a los encontrados por Binoy *et al.* (2004) quienes reportan de 5 a 7 °Brix. JCPRV-5 y el testigo, presentaron valores superiores a los encontrados por Raffo *et al.* (2002) 6.1 °Brix en un jitomate cherry, y a los reportados por Cantwell (1998) quien encontró 5.2 °Brix en jitomate ‘Sunny’. De acuerdo con Young *et al.* (1993) muchos genotipos silvestres o nativos producen frutos con mayores SST, debido a que sus frutos tienen mayor capacidad para acumular o incorporar fotosintatos, y Binoy (2004) indica que los sólidos solubles totales tienen implicaciones directas en los tomates destinados a la industria, por lo que se sugiere que las variedades de jitomate tengan más de 5.5 °Brix (Gould, 1992). Se puede concluir que todos los genotipos evaluados presentaron niveles óptimos de sólidos solubles.

Acidez titulable (AT)

Se encontraron valores desde 0.50 % (JCPRV-05) hasta 1.01 % (JCPRV-43), mientras que el testigo (H-790) tuvo una AT de 0.77 (Cuadro 3.1), lo que representa un 23 % menos que el mejor genotipo (JCPRV-43). En general, los resultados superan a los reportados por Binoy *et al.* (2004) quienes en 12 genotipos de jitomate encontraron valores desde 0.32 hasta 0.70 %; los mismos autores encontraron valores de AT de 0.52 y 0.70 % en los jitomates tipo cherry ‘818’ y ‘T-56’, respectivamente. Con excepción del genotipo JCPRV-05, todos los genotipos presentaron valores superiores a los encontrados por Raffo *et al.* (2002), quienes encontraron valores de AT de 0.69 % en jitomate cherry ‘Naomi F1’ en etapa rojo maduro.

Licopeno

Se presentaron valores desde 33.4 (JCPVR-76) hasta 51.9 mg·100 g de peso seco (PS) (JCPRV-09) de licopeno (Cuadro 3.2). El testigo presentó 48.7 mg·100 g PS, lo que significa 6.1 % menos de licopeno que el genotipo silvestre que presentó el mayor contenido (JCPRV-09). Los resultados son similares a los encontrados por Toor y Savage (2005), quienes reportan contenidos de licopeno desde 25 hasta 49 mg·100 g PS; y a los de Sahlin *et al.* (2004), quienes encontraron valores desde 23.6 hasta 45.6 mg·100 g PS en jitomate 'Arranca', y de 24.8 hasta 47.9 mg·100 g PS en jitomate 'Excell'. Sin embargo, los resultados que se encontraron son menores a los reportados por Binoy *et al.* (2004) con contenidos de licopeno desde 63.3 hasta 104 mg·100 g PS en la piel del fruto y de 54.6 hasta 106 mg·100 PS en la pulpa. Lo anterior pudo deberse a que en la presente investigación se determinó el contenido de licopeno en el fruto completo (mezcla de piel y pulpa).

Los resultados encontrados son menores a los reportados por Raffo *et al.*, (2002) quienes encontraron un contenido de licopeno de 141 mg·100 g PS en jitomate cherry 'Naomi F1'. Toor *et al.* (2006) señalan que la gran variación en el contenido de licopeno en diferentes cultivares se atribuye al medio ambiente y al genotipo, ya que ambos factores pueden afectar considerablemente la biosíntesis de carotenoides. Un factor adicional que afecta en el contenido de licopeno en jitomate es el sistema de producción, ya sea en invernadero o a campo abierto. En general, se ha observado que en condiciones de invernadero el contenido de licopeno es mayor que a campo abierto (Brand *et al.*, 2003), sin embargo, se han encontrado resultados contrastantes que pueden atribuirse al genotipo (Sass-Kiss *et al.*, 2005).

Cuadro 3.2 Contenido de licopeno, B-caroteno, y ácido ascórbico de siete genotipos silvestres de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. Chapingo, México; 2007.

Genotipo	Licopeno mg·100 g de PS ^z	B-caroteno mg·100 g de PS	Ácido ascórbico mg·100 g de PF
JCPRV-05	44.6 bc ^y	39.3 ab	42.8 d
JCPRV-09	51.9 a	45.2 a	53.1 b
JCPRV-10	50.1 ab	43.4 a	37.0 e
JCPRV-43	40.5 cd	36.2 bc	62.7 a
JCPRV-70	37.3 de	31.6 cd	62.2 a
JCPRV-71	34.2 de	29.5 d	48.2 c
JCPRV-76	33.4 e	28.6 d	65.6 a
H-790 (cherry)	48.7 ab	43.3 a	42.4 d
DMS	6.91	6.44	4.90
CV (%)	5.7	6.1	3.4

^zPS: peso seco; PF: peso fresco; DMS: diferencia mínima significativa.

^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

B-caroteno

En B-caroteno (Cuadro 3.2), los resultados mostraron contenidos desde 28.6 (JCPRV-76) hasta 45.1 mg·100 g PS (JCPRV-09). El testigo presentó un contenido de 43.3 mg/100 g PS, es decir, 4.0 % menos de que el genotipo nativo con el mejor comportamiento (JCPRV-09). Estudios similares como el de Niizu y Rodríguez-Amaya (2005) mostraron valores de 3.2 de mg·100 g PF en jitomate ‘Carmen’; los mismos autores encontraron valores de 61.5 mg·100 g PF en *Daucus carota*. Generalmente, los datos publicados para B-caroteno se reportan con base a peso fresco y no se presentan los valores con base en peso seco; en consecuencia, no es posible establecer una comparación con los resultados de la presente investigación. Se encontraron valores

mayores de licopeno que de B-caroteno debido a que el licopeno constituye del 80 al 90 % de los carotenoides presentes en jitomate (Shi y Le, 2000).

Ácido ascórbico

En ácido ascórbico (Cuadro 3.2), se presentaron valores desde 37.0 mg·100 g PF (peso fresco) (JCPRV-10) hasta 65.6 mg·100 PF (JCPRV-76). El testigo presentó 42.4 mg·100 PF, lo que representa 35.4 % de menor contenido que el genotipo nativo de mejor comportamiento (JCPRV-76). Estos resultados se aproximan a los reportados por Jones (1999) quien menciona valores de ácido ascórbico en jitomate cherry de 50 mg·100 g PF. Los contenidos de ácido ascórbico encontrados son superiores a los reportados por Binoy *et al.* (2004) quienes en 12 genotipos de jitomate encontraron valores que variaron de 8.4 hasta 32.4 mg·100 PF, mientras que en la piel de fruto encontraron valores desde 8.6 hasta 56.0 mg·100 PF. Todos los genotipos presentaron contenidos de ácido ascórbico superiores a los encontrados por Gould (1992) y Badui (1993) quienes mencionan valores de ácido ascórbico en jitomate de 20 y 23 mg·100 g PF, respectivamente. El contenido de vitamina C en frutos y hortalizas puede ser influenciado por factores como genotipo, prácticas culturales, condiciones de precosecha, madurez y método de cosecha, así como por el manejo poscosecha (Lee y Kader 2000; Franke *et al.*, 2004). Algunos autores sugieren que es necesario desarrollar variedades que tengan concentraciones de ácido ascórbico superiores a 20 mg·100 g PF (Gould, 1992), por lo que la mayoría de los genotipos evaluados pueden tener alto potencial como fuentes de germoplasma para esta característica en programas de mejoramiento genético.

3.6 CONCLUSIONES

En firmeza y en días a 7 % de pérdida de peso el testigo (H-790) superó a todos los genotipos silvestres evaluados; sin embargo, en sólidos solubles, acidez titulable, contenido de licopeno, B-caroteno, y ácido ascórbico, la mayoría de los genotipos silvestres superaron al (H-790), por lo que representan una importante fuente de germoplasma por su potencial de calidad interna.

3.7 LITERATURA CITADA

- Albrecht, J. A. 1993. Ascorbic acid and retention in lettuce. *Journal of Food Quality* 16: 311-316.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Agarwal, S., A. V. Rao. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal* 163: 739-744.
- Badui, D. S. 1993. Química de los Alimentos. 3a. ed. Longman de México. México, D.F. 648 p.
- Ballesteros, R. F. 1995. Postcosecha del tomate para consumo en fresco. *In: El Cultivo del Tomate*. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 589-623.
- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471-475.

- Brand, S., A. Lugasi, É. Barna, J. Hóvári, Z. Pék, L. Helyes. 2003. Effects of growing methods and conditions of the lycopene content of tomato fruits. *Acta Alimentaria* 32: 269-278.
- Binoy, G., C. Kaur, D. S. Khudiya, H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.
- Cantwell, M. 1998. Postharvest horticulture serie No. 9. Postharvest Outreach Program. Department of Pomology. University of California. Davis, CA. pp. 31-32.
- Collings, J. K; Perkins-Veazi, P; Roberts, W. 2006. Lycopene: from plant to humans. *HortScience* 41: 1135-1144.
- Davis, B. H. 1976. Carotenoid. In: T.W. Goodwin (ed.), *Chemistry and Biochemistry of Plants Pigments*. Academic Press. London. pp. 38-165.
- Diez, N. M. J. 1995. Tipos varietales. In: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 95-129.
- Franke, A. A., L. J. Custer, C. Arakaki, S. P. Murphy. 2004. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 1-35.
- Gould, W. A. 1992. *Tomato Production: Processing and Technology*. CTI Publications. Baltimore, MA, USA.
- Javanmardi, J., C. Kubota. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 151-155.

- Jiménez, M., E. Trejo, M. Cantwell. 1996. Cherry tomato storage and quality evaluation. Vegetables Research Reports. University of California. Davis, CA. USA. 17 p.
- Jones, J. B. 1999. Tomato Plant Culture. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA. 199 p.
- Jones, J. B., J. P. Jones, R. E. Stall, T. A. Zitter. 2000. Plagas y Enfermedades del Tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 2-3.
- Lee, S. K., A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207:220.
- Martínez-Barajas, E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). Agrociencia 37: 363-370.
- Niizu, P., D. B. Rodriguez-Amaya. 2005. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. Journal of Food Composition and Analysis 18: 739-749.
- Nuez, V., F. 1995. Desarrollo de nuevos cultivares. In: El cultivo del tomate. Nuez V., F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 625-669.
- Raffo, A., C. Leonardi, V. Flogiano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida, G. Quaglia. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50: 6550-6556.
- Sadler, G., J. Davis, D. Dezman. 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. Journal of Food Sciences 55: 1460-1461.
- Sahlin, E., G. P. Savage, C. E. Lister. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. Journal of Food Composition and Analysis 17: 635-647.

- Sass-Kiss, A., J. Kiss, P. Milotay, M. M. Kerek, M. Toth-Markus. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International* 38: 1023-1029.
- Sharma, S. K., M. M. Le. 1996. Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. *Italian Journal of Food Science* 2: 107-113.
- Shi, J., M. M. Le. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Reviews Food Science and Nutrition* 110: 1-42.
- Simonne, A. H., B. K. Behe, M. M. Marshall. 2006. Consumers prefer low-priced and high-lycopene-content fresh-market tomatoes. *HortTechnology* 16: 674-681.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of the Sixth International Congress on Soils Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands.* pp: 633-650.
- Toor, R. K., G. P. Savage. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.
- Toor, R. K., G. P. Savage, C. E. Lister. 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 1-10.
- Young, T. E., J. A. Juvic, G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *American Journal of Horticultural Science* 118: 286-292.

4. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE TRES GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

4.1 RESUMEN

En México, son escasos los trabajos de investigación de nutrición mineral de genotipos nativos de jitomate cultivados en invernadero e hidroponía. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de conductividad eléctrica: 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹ de la solución nutritiva de Steiner sobre el crecimiento y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate: JCPRV-05, JCPRV-09 y JCPRV-10; procedentes de Guerrero, México. Como testigo se utilizó un jitomate cherry comercial (Super Sweet 100®). Se evaluó la altura de planta, lecturas SPAD, área foliar, peso de materia seca aérea, longitud de brotes laterales, número de frutos, rendimiento, y concentración foliar de macronutrientes. En altura de planta y lecturas SPAD, independientemente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicada, los genotipos nativos superaron al testigo. En área foliar y peso de materia seca se encontró una relación directamente proporcional como resultado de las conductividades eléctricas aplicadas, mientras que JCPRV-05 presentó la mayor área foliar (12563.0 cm²) y el mayor peso de materia seca (195.63 g) superando al testigo. Las plantas crecidas en las conductividad eléctrica de 2.0 dS m⁻¹ produjeron la mayor longitud de brotes laterales, mientras que JCPRV-05 presentó la menor longitud (5.9 cm) lo que significa el mejor comportamiento para esta característica. Las conductividades eléctricas aplicadas no afectaron el número de frutos

ni el rendimiento en seis racimos, mientras que el testigo presentó el mayor número de frutos (79.2) y el mayor rendimiento (24.06 t ha^{-1}). La concentración foliar de N, P, K, Ca, y Mg, no fue afectada por los niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicados, las concentraciones encontradas estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia, y no se observaron deficiencias nutrimentales durante el ciclo de cultivo.

PALABRAS CLAVE: Lecturas SPAD, área foliar, rendimiento, análisis químico foliar.

**EFFECT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF NUTRIENT SOLUTION ON
YIELD AND GROWTH OF THREE NATIVE TOMATO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) GENOTYPES**

4.2 ABSTRACT

In Mexico, little research of mineral nutrition of native genotypes of tomato grown in greenhouses and hydroponics. The objective of this research was to evaluate three levels of electrical conductivity: 1.0, 1.5 and 2.0 dS m⁻¹ of the Steiner nutrient solution on growth and yield on three native tomato genotypes: JCPRV-05, JCPRV-09 and JCPRV-10 from Guerrero, México. A commercial cherry tomato (Super Sweet 100[®]) was used as a control. Plant height, SPAD readings, leaf area, the dry matter, length of lateral shoots, number of fruit, yield, and leaf concentrations of macronutrients were evaluated. It was found that in plant height and SPAD readings, regardless of the electrical conductivity of nutrient solution applied the native genotypes exceeded the control. In leaf area and dry matter was a directly proportional relationship as a result of the applied electrical conductivity, while JCPRV-05 had the highest leaf area (12563.0 cm²) and exceeded in dry matter (195.63 g) to the control. Plants grown in the electrical conductivity of 2.0 dS m⁻¹ produced the greatest length of lateral shoots, whereas JCPRV-05 had the shortest length (5.9 cm) which means better yield for this feature. The electrical conductivity applied did not affect the number of fruit and yield in six clusters, while the control had the highest number of fruits (79.2) and the highest yield (24.06 t ha⁻¹). The leaf concentration of N, P, K, Ca, and Mg, was not affected by the levels of electrical conductivity of nutrient solution applied, the concentrations found

were within the ranges of proficiency, and nutritional deficiencies were not observed during the cycle cultivation.

KEY WORDS: SPAD readings, leaf area, yield, leaf nutrimental analysis.

4.3 INTRODUCCIÓN

México es considerado como el lugar donde se llevó a cabo la domesticación del jitomate por lo que existencia de gran diversidad de formas silvestres en todo el país (Jones *et al.*, 2000; Rick, 1986). Actualmente existe escasa información relacionado a nutrición mineral que permita el aprovechamiento de éstos recursos genéticos de nuestro país. En México es cada vez más común la producción de jitomate en condiciones protegidas y en hidroponía. En la producción intensiva de cultivos hidropónicos la conductividad eléctrica de la solución nutritiva es un factor limitante, ya que existe una relación directa entre la concentración de nutrimentos y la conductividad eléctrica. (Lara, 1999); al aumentar la conductividad eléctrica, la planta destina mayor energía para absorber agua y nutrimentos (Marschner, 1995; Steiner, 1984,). Este desgaste de energía puede resultar en la reducción de la energía metabólica, y podría reflejarse en una disminución del desarrollo de la planta y del rendimiento (Goycovic y Saavedra, 2007; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

Para la producción comercial de jitomate normalmente se recomiendan conductividades eléctricas entre 2.0 dS m⁻¹ (Lara, 1999) y 2.3 ds m⁻¹ (Wu y Kubota, 2008). Sin embargo, debido a la naturaleza de los jitomates nativos, los cuales generalmente se desarrollan en condiciones restrictivas de nutrición (Rick, 1986) en la presente investigación se exploraron conductividades de 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹ para evaluar su efecto en el crecimiento y en el rendimiento. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de concentración de la solución nutritiva de Steiner sobre el crecimiento y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero de vidrio de la Universidad de Texas A&M, ubicada en College Station, Texas, EE. UU., a 30° 36' LN y 96° 21' LO, y a una altura de 100 m. El invernadero contaba con sistema de calefacción, y sistema de enfriamiento por medio de extractores de aire y una pared húmeda. Se emplearon genotipos nativos provenientes del Estado de Guerrero: JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10, que en un estudio previo mostraron características agronómicas adecuadas para ser cultivados en invernadero como jitomates cherry; como testigo se utilizó el híbrido comercial de jitomate cherry Super Sweet 100. Tanto los genotipos nativos como el testigo se sembraron el 26 de enero de 2008 y se transplantaron el 20 de febrero. La densidad fue de 4.0 plantas por m². Se colocó una planta por maceta, la cual consistió en una bolsa de plástico con capacidad de 10 litros llenada con una mezcla de fibra de coco comercial y perlita en una proporción 80:20 como sustrato. Las plantas se regaron diariamente tres veces al día con la solución nutritiva de Steiner al 50, 75, y 100 % de concentración que representan conductividades eléctricas (CE) de 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹, respectivamente (Steiner, 1984). Se utilizó un sistema hidropónico abierto, con base en la etapa fenológica, el riego varió de 0.5 a 2.0 litros por planta. Para la preparación de la solución nutritiva se utilizó agua purificada por ósmosis inversa y los fertilizantes comerciales que se utilizaron fueron de alta solubilidad para utilizarse en hidroponía. Durante el ciclo del cultivo las temperaturas fueron establecidas automáticamente en 20 y 28 °C en el día, mientras que en la noche fueron de 20 y 22 °C.

Altura de planta. Se midió a 1, 14, 28, 42, y 56 días después del transplante (ddt) con una regla graduada en cm, desde el cuello de la planta hasta el punto de crecimiento apical.

Lecturas SPAD. Se determinaron a los 14, 28, 42, y 56 en el foliolo central de una hoja recientemente madura, se consideró el promedio cuatro de lecturas en cada repetición.

Área foliar. Se determinó con un integrador foliar tipo scanner modelo LICOR-6400 WESCOR[®]. Los resultados se expresaron en cm².

Peso de materia seca aérea. La materia vegetal aérea se colocó en bolsas de papel y se secó en una estufa a 70 °C durante 72 horas hasta peso constante. Después, el peso se determinó usando una balanza analítica. Los resultados se expresaron en gramos.

Número de frutos. Se contó el número de frutos hasta el quinto racimo.

Rendimiento. Se cosecharon los frutos en racimo, hasta el quinto racimo. Los resultados se expresaron en t ha⁻¹.

Longitud de brotes laterales. Se determinó a los 40 días después del transplante con una regla graduada en mm, midiendo cinco brotes laterales contados a partir del racimo floral más joven visible. Los resultados se expresaron en cm.

Análisis químico vegetal

El contenido de nitrógeno se determinó mediante el método de micro Kjeldhal y los macronutrientes P, K, Ca, y Mg se determinaron por el método de Espectrofotometría de Emisión Atómica de Plasma por Inducción Acoplada (ICP-AES) (Alcántar y Sandoval, 1999). El muestreo se realizó a los 50 días después del transplante, y se tomó una hoja recientemente madura y completamente expandida.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, con un diseño de tratamientos factorial 4x3. Los factores de estudio fueron: 4 genotipos (tres genotipos nativos: CPRV-05, CPRV-09, CPRV-10, y el híbrido comercial de jitomate cherry Super Sweet 100[®], como testigo; los niveles de CE de la solución nutritiva fueron: 0.5, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹. Lo anterior generó 12 tratamientos. La unidad experimental estuvo constituida por una maceta que contenía una planta. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. Se consideraron diferencias significativas cuando $P \leq 0.05$.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Las ecuaciones de regresión lineal para el crecimiento longitudinal para todos los tratamientos resultaron altamente aceptables, ya que el valor de r^2 fluctuó entre 0.97 y 0.99 (Figuras 4.1, 4.2, y 4.3).

Todos los genotipos, incluyendo el testigo, independientemente del nivel de conductividad eléctrica aplicado mostraron la misma tendencia, desde el transplante hasta los 28 días después del transplante (ddt) presentaron un incremento de altura uniforme. A partir de los 28 ddt y hasta los 56 días ddt (última fecha registrada) los genotipos silvestres presentaron mayor incremento de altura que el testigo. Dentro de los

genotipos silvestres, JCPRV-05 presentó mayor altura, mientras que JCPRV-09 y JCPRV-10 presentaron un incremento de altura similar. Una mayor altura incrementa el número de hojas, y por lo tanto, un mayor contenido de clorofila (Rodriguez *et al.*, 1998).

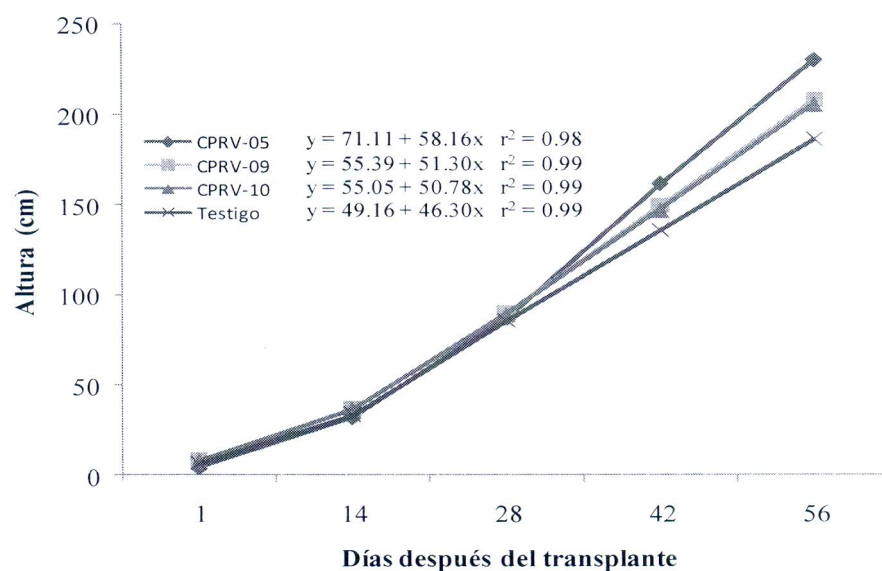


Figura 4.1. Altura de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en condiciones de invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.0 dS m^{-1} . College Station, Texas; 2008.

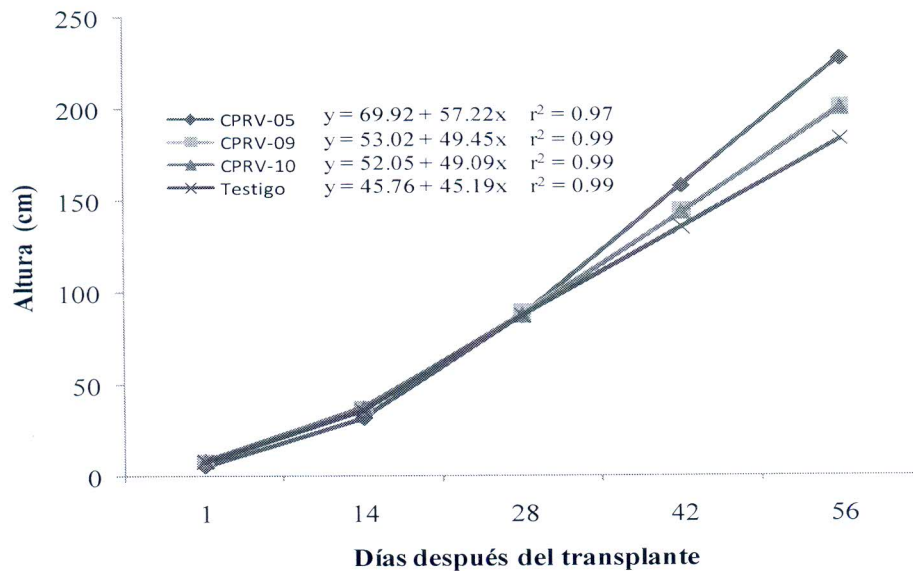


Figura 4.2. Altura de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.5 dS m⁻¹. College Station, Texas; 2008.

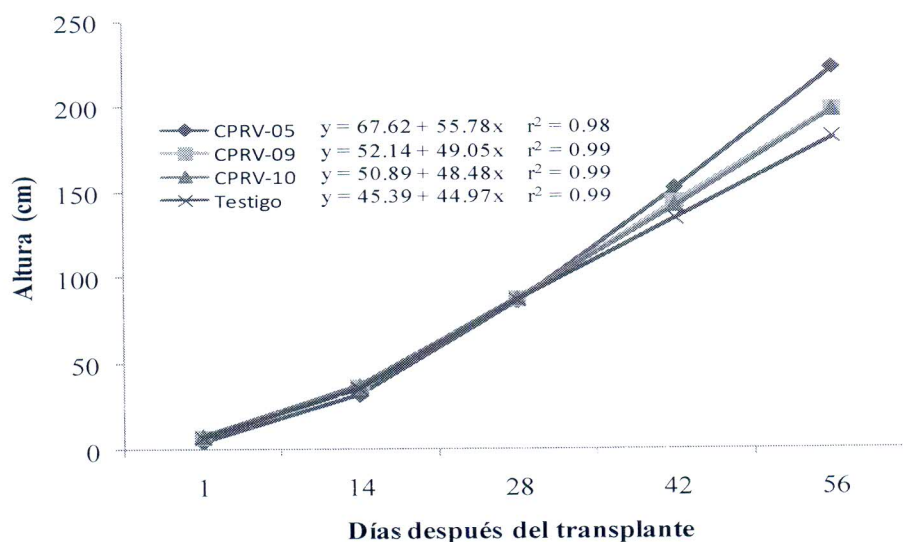


Figura 4.3. Altura de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 2.0 dS m⁻¹. College Station, Texas; 2008.

Lecturas SPAD

Las ecuaciones de regresión lineal para lecturas SPAD resultaron aceptables, ya que el valor de r^2 fluctuó entre 0.88 y 0.99 (Figuras 4.4, 4.5, y 4.6).

Independientemente del nivel de conductividad eléctrica aplicado los genotipos nativos y el testigo mostraron la misma tendencia, ya que desde el transplante hasta los 42 ddt presentaron un incremento uniforme de las lecturas SPAD mientras que a partir de los 42 ddt mostraron un descenso. Estos resultados son similares a los reportados por Rodríguez *et al.* (1998) quienes al evaluar el jitomate ‘Río Grande’ encontraron los mayores valores de lecturas SPAD a los 45 ddt y a partir de esa fecha las lecturas SPAD descendieron. También Sandoval *et al.* (2002) en cinco cultivares de jitomate reportaron que las lecturas SPAD incrementaron en la etapa vegetativa, encontraron los mayores valores a los 40 ddt, y a partir de los 49 ddt las lecturas SPAD descendieron. Desde el transplante hasta los 56 ddt (última fecha registrada) los genotipos nativos presentaron valores similares entre ellos y fueron superiores a los del testigo. Varios autores (Liu, *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2005; Boneville y Fyles, 2004; Rodríguez *et al.*, 1998) han demostrado una alta correlación entre las lecturas SPAD y los contenidos de clorofila y de nitrógeno total. En conclusión, los genotipos nativos presentaron mayores contenidos de clorofila y acumularon mayor cantidad de nitrógeno que el testigo.

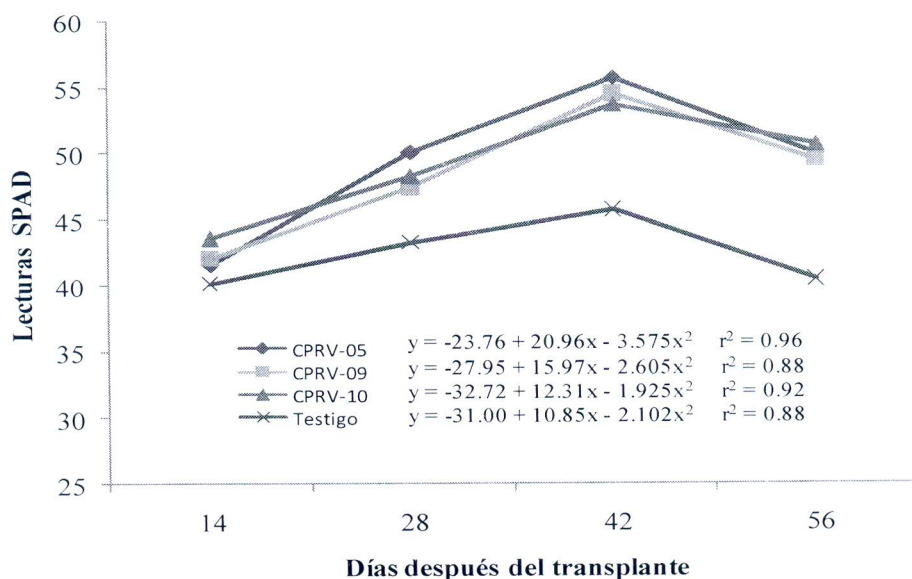


Figura 4.4. Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.0 dS m^{-1} . College Station, Texas; 2008.

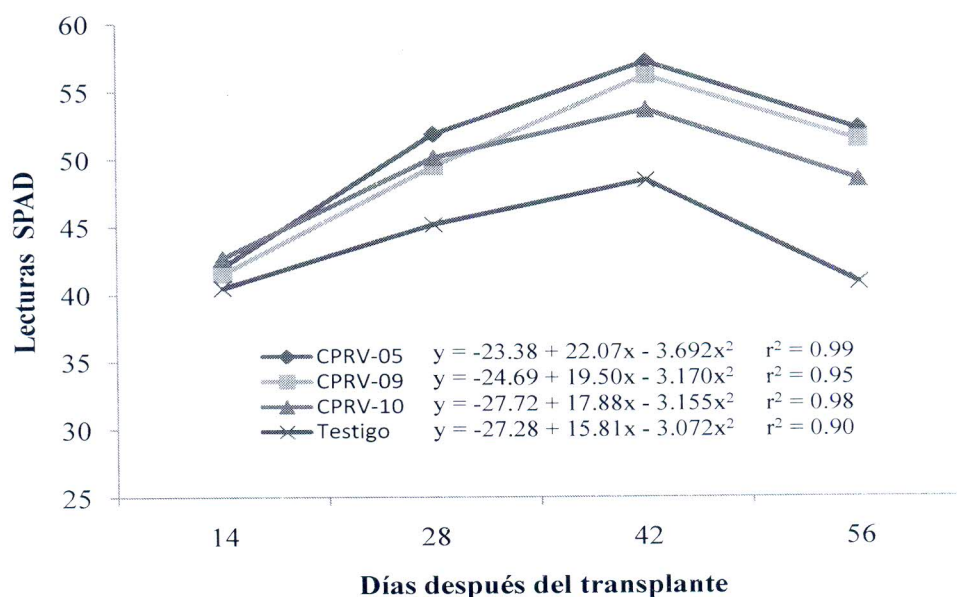


Figura 4.5. Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 1.5 dS m^{-1} . College Station, Texas; 2008.

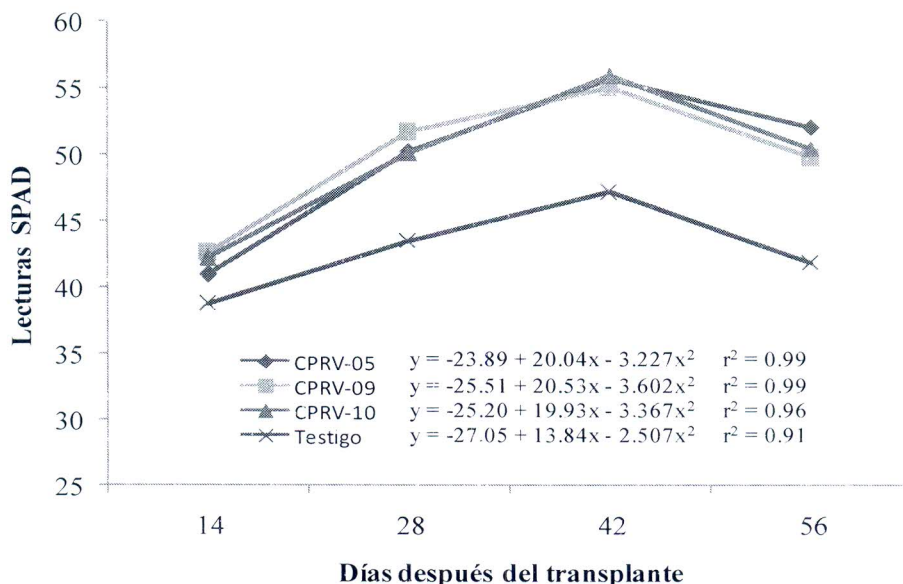


Figura 4.6. Lecturas SPAD de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) cultivados en invernadero, hidroponía y en una conductividad de 2.0 dS m⁻¹. College Station, Texas; 2008.

Área foliar

Se encontraron diferencias significativas en conductividad eléctrica (CE), genotipos, y para la interacción CE*genotipo (Cuadro 4.1). Las CE 1.5 y 2.0 dSm⁻¹ favorecieron mayor área foliar (8547.1 y 8565.5 cm², respectivamente) mientras que la CE 1.0 dS m⁻¹ (7521.0 m²) registró la menor área foliar (Cuadro 4.2). Los resultados muestran una relación directamente proporcional entre la CE y el área foliar; sin embargo, las CE evaluadas en esta investigación son menores a las evaluadas por otros autores. Mohd y Rashida (1997) reportaron una disminución altamente significativa en el área foliar con conductividades superiores a 5 dS m⁻¹, por lo que se supone que si se usaran CE más elevadas también se observaría disminución en el área foliar.

De los genotipos (Cuadro 4.2), CPRV-05 presentó mayor área foliar (12563.0 cm²) y superó a los otros dos genotipos nativos y al testigo. Es importante señalar que el testigo presentó el mayor rendimiento lo cual indica que destinó la mayor parte de su energía a fructificación y maduración de frutos en lugar del crecimiento foliar, por lo que fue más eficiente para la translocación de asimilados que los genotipos nativos evaluados en este estudio.

Cuadro 4.1. Significancias estadísticas para área foliar, peso de materia seca, longitud de brotes laterales, número de frutos y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) a los 50 días después del trasplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.

Factores	Área foliar	Peso de materia seca aérea (g)	Longitud de brotes laterales (cm)	Número de frutos	Rendimiento (t ha ⁻¹)
CE ^z	<.0001** ^y	<.0001**	0.0228*	0.2940 ns	0.2417 ns
Genotipo	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001 **	<.0001 **
CE*Genotipo	0.0009**	<.0001**	0.1661ns	0.5132 ns	<.5854 ns
Media	8211.22	170.62	17.1250	46.97 ns	314.72
CV (%)	8.1	5.6	21.5149	9.1	16.9

^zCE: conductividad eléctrica. ^y*, **: significativo a $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

Cuadro 4.2. Área foliar, peso de materia seca aérea, longitud de brotes laterales, número de frutos y rendimiento de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) a los 50 días después del transplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.

Factores	Área foliar (cm ²)	Peso de materia seca aérea (g)	Longitud de brotes laterales (cm)	Número de frutos	Rendimiento (t ha ⁻¹)
<u>CE^z (dS m⁻¹)</u>					
1.0	7521.0 b ^y	153.58 c	16.0 b	47.0 a	11.24 a
1.5	8547.1 a	175.39 b	16.8 b	46.5 a	11.38 a
2.0	8565.5 a	182.88 a	20.6 a	47.4 a	11.42 a
DMS	509.88	7.24	2.81	2.49	0.85
<u>Genotipos</u>					
CPRV-05	12563.0 a	195.63 a	5.9 a	37.3 b	8.67 b
CPRV-09	9401.9 b	164.59 b	19.6 b	35.5 b	4.77 c
CPRV-10	9136.8 b	164.76 b	19.9 b	35.8 b	4.86 c
Testigo	1743.2 c	152.48 c	20.1 b	79.2 a	24.06 a
DMS	647.89	9.20	3.58	3.16	1.08

^zCE: conductividad eléctrica. ^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

Peso de materia seca aérea

Al igual que en área foliar, también se presentaron significancias estadísticas para CE, genotipos, y para la interacción CE* genotipo (Cuadro 4.1). Se observó una relación directamente proporcional ($P \leq 0.05$) entre CE y peso de materia seca aérea (Cuadro 4.2); la CE de 2.0 dS m⁻¹ presentó el mayor un peso seco de materia aérea (182.88 g). También Zárate (2006) encontró ésta tendencia al evaluar el jitomate cherry ‘Camelia’ bajo conductividades eléctricas de 1.0 a 2.5 dS m⁻¹, pero observó una disminución del peso de la materia seca aérea a 3.0 dS m⁻¹. Sin embargo, los resultados actuales difieren

de los reportados por Ehret y Ho (1986) quienes en jitomate ‘Marathon’ cultivado en un sistema de película nutritiva, encontraron que soluciones nutritivas con conductividades de 2, 4 y 6 dS m⁻¹ no afectaron el peso de materia seca total de la planta y sólo hasta 10 dS m⁻¹ observaron una reducción del 19% del peso total de la planta con respecto a la solución de 2 dS cm⁻¹. Es posible que los resultados de la presente investigación difieran de los obtenidos por Ehret y Ho (1986) debido a que se cultivaron en un sistema hidropónico diferente (sustrato con riego por goteo).

De los genotipos (Cuadro 4.2), JCPRV-05 (12563.0 g). A pesar de que el testigo presentó el menor peso de materia seca aérea y la menor altura, este genotipo resultó el de mayor rendimiento, lo cual indica que fue más eficiente que los genotipos nativos porque con una menor materia seca aérea tiene la capacidad de producir mayor rendimiento que los genotipos nativos evaluados en este estudio.

Longitud de brotes laterales

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para CE y genotipos (Cuadro 4.1). Las plantas crecidas en CE de 2.0 dS m⁻¹ (Cuadro 4.2) presentaron la mayor longitud de brotes laterales (20.6 cm) mientras que las menores longitudes se obtuvieron con 1.0 y 1.5 dS m⁻¹ (16.0 y 16.8 cm, respectivamente), que representan los mejores tratamientos porque implica menor labor de mantenimiento en el manejo del cultivo. En cambio, el mayor crecimiento puede deberse a la mayor disponibilidad de nutrimentos en la CE de 2.0 dS m⁻¹ en comparación con 1.0 y 1.5 dS m⁻¹ (Marschner, 1995; Steiner, 1984).

De los genotipos (Cuadro 4.2), JCPRV-05 presentó la menor longitud (5.9 cm) mientras que las mayores longitudes las presentaron JCPRV-09 y JCPRV-10 (19.60 y 19.90 cm,

respectivamente) y fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al testigo (20.13 cm). Con estos resultados, CPRV-05 presentó el mejor comportamiento para esta característica ya que es deseable que las plantas no produzcan laterales o que los presenten en la menor longitud posible ya que con ello se reduce mano de obra en el manejo del cultivo por la actividad de eliminar brotes laterales.

Número de frutos y rendimiento

En número de frutos en seis racimos por planta, solamente se encontraron diferencias significativas $P \leq 0.05$ en genotipos (Cuadro 4.1). El testigo (79.2 frutos) superó a los genotipos nativos de jitomate (Cuadro 4.2), lo cual se debe a que el híbrido comercial ha tenido un proceso de mejoramiento para esta característica a diferencia de los genotipos silvestres.

En el rendimiento en seis racimos, también se encontraron diferencias significativas sólo en genotipos (Cuadro 4.1). El testigo (24.06 t ha^{-1}) superó a todos los genotipos nativos (Cuadro 4.2). El genotipo nativo con mejor rendimiento fue JCPRV-05 con 8.67 t ha^{-1} . Al respecto, no existen reportes de rendimientos de jitomates nativos cultivados en invernadero. Por su parte, Márquez *et al.* (2006) reportaron un rendimiento de 48.50 t ha^{-1} en jitomate cherry ‘647’ cultivado en invernadero. Sin embargo, no es posible hacer una comparación debido a que los autores no reportaron en cuantos racimos por planta obtuvieron tal rendimiento y aunado a que en la presente investigación se cosecharon los frutos en racimo.

Concentración nutrimental en tejido vegetal

Se encontraron diferencias significativas en N para CE, genotipo, y en la interacción CE*genotipo; y en Mg para genotipos (Cuadro 4.3). Independientemente de la significancia estadística ($P \leq 0.05$) todos los elementos (N, P, K, Ca, y Mg) estuvieron dentro del intervalo de suficiencia (Adams, 1986), y no se observaron deficiencias nutrimentales durante el ciclo del cultivo. Esto explica porque no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento obtenido en los tres niveles de conductividad.

Cuadro 4.3. Significancias estadísticas para concentración de macronutrientes en hojas de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) a los 50 días después del trasplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.

Factores	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
CE ^z	<.0001** ^y	0.6622	0.5385	0.3267ns	0.6886
Genotipo	<.0001**	0.7145	0.7358	0.1182ns	0.0110 *
CE*Genotipo	<.0001**	0.1128	0.2255	0.6631ns	0.856 ns
Media	4.469	0.319	1.562	1.348	0.525
CV (%)	6.80	14.80	17.77	12.63	15.70

^zCE: conductividad eléctrica. ^y*, **: significativo a $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

La mayor concentración foliar de N se presentó cuando las plantas crecieron en CE de 2.0 dS m⁻¹ (4.543 %) y la menor concentración en 1.0 dS m⁻¹ (4.116 %; Cuadro 4.4). Esto se debe a su mayor disponibilidad en la solución nutritiva con CE de 2.0 dS m⁻¹ (Steiner, 1984).

De los genotipos (Cuadro 4.4), JCPRV-05 presentó mayor concentración de N (4.770 %); JCPRV-09 y JCPRV-10 fueron estadísticamente ($P \leq 0.05$) iguales (4.681 y 4.671 %, respectivamente), mientras que la menor concentración fue la del testigo con 4.155 % de N. Estas tendencias coinciden con las presentadas en las lecturas SPAD, y estos resultados son similares a los reportados por otros autores que indican que existe una alta relación entre las lecturas SPAD y la concentración de N en el tejido vegetal (Liu, *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2005; Boneville y Fyles, 2004; Rodríguez *et al.*, 1998).

Cuadro 4.4. Concentración de macronutrientes en hojas de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) a los 50 días después del trasplante cultivados en tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva Steiner. College Station, Texas; 2008.

Factores	N	P	K	Ca	Mg
<u>CE^z (dS m⁻¹)</u>					
1.0	4.411 c ^y	0.329 a	1.653 a	1.494 a	0.503 a
1.5	4.453 b	0.333 a	1.455 a	1.328 a	0.523 a
2.0	4.543 a	0.295 a	1.578 a	1.221 a	0.551 a
DMS	0.031	0.113	0.442	0.448	0.137
<u>Genotipos</u>					
CPRV-05	4.770 a	0.312 a	1.439 a	1.073 a	0.556 a
CPRV-09	4.681 b	0.339 a	1.667 a	1.573 a	0.561 a
CPRV-10	4.671 b	0.339 a	1.555 a	1.451 a	0.575 a
Testigo	4.155 c	0.287 a	1.586 a	1.293 a	0.400 b
DMS	0.039	0.144	0.564	0.572	0.195

^zCE: conductividad eléctrica. ^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

En cuanto a Mg (Cuadro 4.4), en genotipos presentó la misma tendencia que el N, JCPRV-05 tuvo la mayor concentración (0.556 %), los genotipos CPRV-09 y CPRV-10 fueron estadísticamente ($P \leq 0.05$) iguales (0.561 % y 0.575 %, respectivamente), mientras que el testigo presentó la menor concentración de Mg (0.400 %). Estas diferencias pueden atribuirse a diferentes tasas de absorción de cada genotipo (Marschner, 1995). A pesar de las diferencias significativas que se presentaron en N y Mg, las concentraciones encontradas estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia (Adams, 1986), y no se observaron deficiencias nutrimentales de estos elementos durante el ciclo de cultivo.

4.6 CONCLUSIONES

En altura de planta y lecturas SPAD, independientemente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicada, los genotipos nativos (JCRPV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10) superaron al testigo (Super Sweet 100[®]).

En área foliar y peso de materia seca se encontró una relación directamente proporcional como resultado de las conductividades eléctricas aplicadas, mientras que CPRV-05 presentó la mayor área foliar (12563.0 cm²) y el mayor peso de materia seca (195.63 g) superando al testigo.

Las plantas crecidas en las conductividad eléctrica de 2.0 dS m^{-1} produjeron la mayor longitud de brotes laterales, mientras que el genotipo CPRV-05 presentó la menor longitud (5.9 cm) lo que significa el mejor comportamiento para esta característica.

Las conductividades eléctricas aplicadas no afectaron el número de frutos ni el rendimiento en seis racimos, mientras que el testigo presentó el mayor número de frutos (79.2) y el mayor rendimiento (24.06 t ha^{-1}).

La concentración foliar de N, P, K, Ca, y Mg, no fue afectada por los niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicados, las concentraciones encontradas estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia y no se observaron deficiencias nutrimentales durante el ciclo de cultivo.

4.7 LITERATURA CITADA

Alcántar G. G., M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal: guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.

Adams, P. 1986. Mineral nutrition. *In*: The Tomato Crop: A scientific basis for improvement. Atherton, J. G. and Rudich, J. (eds.). Chapman and Hall. Cambridge, Great Britain. pp: 281-334.

Bonneville, M. C., J. W. Fyles. 2006. Assessing variations in SAPD-502 chlorophyll meter measurements and their relationships with nutrient content of trembling aspen foliage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 525-539.

Cuartero J., R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulture* 78: 83-125.

Diez, M. J., F. Nuez. 2008. Tomato. *In*: Vegetables II. J. Prohens and F. Nuez (eds.). Springer. Nueva York, USA. pp. 1-75.

Ehret, D. L., L. C. Ho. 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *American Journal of Horticultural Sciences* 61: 361-367.

Goykovic, C. V., G. Saavedra. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y práctica agronómicas de su manejo. *IDESIA* 25: 47-58.

Jones J. B., J. P. Jones, R. E. Stall, T. A. Zitter. 2000. Plagas y enfermedades del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 2-3.

Lara, H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17: 221-229.

Liu, Y. J., Y. P. Tong, Y. G. Zhu, H. Ding, F. A. Smith. 2006. Leaf chlorophyll readings as an indicator for spinach yield and nutritional quality with different nitrogen fertilizer applications. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1207-1217.

Márquez H. C., R. P. Cano, M. Y. I. Chew, R. A. Moreno, D. N. Rodríguez. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 183-189.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. San Diego, CA. 889 p.

Mohd, R. I., A. Rashida. 1997. Differential growth and yield responses of tomato plants grown in different solution concentrations using nutrient film technique and sand culture. *Acta Horticulturae* 450: 449-455.

Rodríguez, M. M. N., G. G. Alcántar, S. A. Aguilar, B. J. D. Etchevers, R. J. A. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor de portátil de clorofila. *Terra* 16:135-141.

Sandoval-Villa, M., C. W. Wood, E. A. Guertal. 2002. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affecting by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. *Journal of Plant Nutrition* 25:2129-2142.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.

Wang, Q., J. Chen, R. H. Stamps, Y. Li. 2005. Correlation of visual quality grading and SPAD reading of green-leaved foliage plants. *Journal of Plant Nutrition* 28:1215-1225.

Wu, M., C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116: 122-129.

Zárate C., A. A. 2005. Presión osmótica de la solución nutritiva para producción de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. cerasiforme) en hidroponía. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 126 p.

5. EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE TRES GENOTIPOS NATIVOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

5.1 RESUMEN

En nuestro país, son escasos los trabajos de investigación relacionados con la calidad poscosecha de jitomates nativos cultivados en invernadero y en diferentes niveles de nutrición mineral. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva de Steiner: 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹ en la calidad poscosecha de tres genotipos nativos de jitomate provenientes del Estado de Guerrero (JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10). Como testigo se utilizó un jitomate cherry comercial (Super Sweet 100®). Se evaluó firmeza, pH, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), licopeno, y ácido ascórbico. Se encontró que al incrementar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva de 0.5 a 2.0 dS⁻¹ tuvo un efecto positivo ($P \leq 0.05$) en la firmeza, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el contenido de licopeno de los frutos, sin embargo, el mismo incremento no afectó el contenido de ácido ascórbico ni el pH de los frutos. El testigo superó ($P \leq 0.05$) en firmeza a los genotipos nativos de jitomate y tuvo el mismo contenido de sólidos solubles totales (9.0 %) que JCPRV-05. JCPRV-05 superó en 4.4 % al testigo en pH; JCPRV-05 y JCPRV-10 superaron en 31.0% al testigo en acidez titulable. En contenido de licopeno, los genotipos nativos superaron al testigo: JCPRV-05 en 42.9 %, JCPRV-09 en 44.0 %, y JCPRV-10 en 47.9 %. JCPRV-05 superó en 7.0 % al testigo en el contenido

de ácido ascórbico. Estos genotipos podrían servir como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético de esta especie.

PALABRAS CLAVE: firmeza, acidez titulable, sólidos solubles totales, licopeno, ácido ascórbico.

**EFFECT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE NUTRIENT
SOLUTION IN QUALITY POSTHARVEST OF THREE NATIVE TOMATO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) GENOTYPES**

5.2 ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of three levels of electrical conductivity of the nutrient solution Steiner: 1.0, 1.5 and 2.0 dS m⁻¹ in the postharvest quality of three native tomato genotypes from the state of Guerrero, México: JCPRV-05 JCPRV-09 and JCPRV-10. A commercial cherry tomato (Super Sweet 100[®]) was used as a control. Firmness, pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), lycopene, and ascorbic acid content were evaluated. It was found that the electrical conductivity of the nutrient solution had a significantly positive effect ($P \leq 0.05$) in firmness, titratable acidity, total soluble solids and lycopene content of fruits, but had no significant affect on the content ascorbic acid or the pH of the fruit. The control surpassed to native tomato genotypes in firmness and it had the same content of total soluble solids (9.0%) than JCPRV-05. JCPRV-05 exceeded 4.4% in pH to the control; JCPRV-05-10 and JCPRV exceeded 31.0% in titratable acidity to the control. In lycopene content, the native genotypes exceeded o the control: JCPRV-05 in 42.9%, JCPRV-09 in 44.0% and JCPRV-10 at 47.9%. CPRV-05 surpassed 7.0% in ascorbic acid content to the control. These genotypes could be used as a source of germplasm in breeding programs of this specie.

KEY WORDS: firmness, titratable acidity, soluble solid totals, lycopene, ascorbic acid.

5.3 INTRODUCCIÓN

México es considerado el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), por la existencia de gran diversidad en formas silvestres en todo el país (Jones *et al.*, 2000; Rick, 1986); sin embargo, en nuestro país son escasos los trabajos de investigación relacionados con la calidad poscosecha de jitomates nativos cultivados en invernadero y en diferentes niveles de nutrición mineral. Los criterios de calidad más importantes para el jitomate son: firmeza (Batu, 2004), sólidos solubles totales y acidez titulable (Jones, 1999). Además, es importante considerar el contenido de licopeno (Adalid *et al.*, 2008; Simonne *et al.*, 2006; Collings *et al.*, 2006), y el contenido de ácido ascórbico (Sahlin y Savage, 2004; Franke *et al.*, 2004; Lee y Kader, 2000) por sus propiedades nutraceuticas como antioxidantes y su efecto anticancerígeno. La mayor parte de la diversidad del jitomate se encuentra en las especies silvestres o nativas, las cuales presentan variabilidad genética para las características de calidad de fruto tales como sabor, aroma, coloración y textura (Miller y Tanksley, 1990). Rodríguez *et al.* (2005) estudiaron la calidad del fruto de la accesión LA1585 de *L. esculentum* var. cerasiforme y de un híbrido segregante del tomate con genes nor y silvestres. Garvey y Hewitt (1991) evaluaron la acumulación de almidón y azúcares en dos accesiones de *L. esculentum*. Por su parte, Martínez-Barajas (2003) y Young *et al.*, (1993) mencionan que varios genotipos silvestres de jitomate producen frutos con una concentración de sólidos solubles mayor al de las variedades cultivadas. Sin embargo, en éstos estudios no se ha considerado el aspecto nutrimental como factor de variación y se asumió que las diferencias presentadas eran atribuidas únicamente al genotipo. Además del genotipo y de las condiciones ambientales, la conductividad eléctrica de la solución nutritiva tiene efecto sobre la apariencia, firmeza, sabor de los frutos de jitomate (Dorais

et al., 2008; Auerswald *et al.*, 1999), los contenidos de ácido ascórbico y de sólidos solubles totales (Dumas *et al.*, 2003). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva de Steiner: 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹, en la calidad poscosecha de tres genotipos nativos de jitomate provenientes de Guerrero, México.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y manejo precosecha

Frutos de tres genotipos nativos de jitomate provenientes de Guerrero, México (JCPRV-05, JCPVR-09 y JCPRV-10), se cosecharon de plantas cultivadas en hidroponía sin recirculación y en condiciones de invernadero en College Station, Texas, EE. UU., localizado a 30° 36' LN y 96° 21' LO, y a una altura de 100 m. El testigo utilizado fue un híbrido comercial de jitomate cherry (Super Sweet 100®). Las plantas se regaron diariamente tres veces al día con la solución nutritiva de Steiner (1984) al 50, 75, y 100 % de concentraciones que representan una conductividad eléctrica (CE) de 1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹, respectivamente (Steiner, 1984). El agua que se usó para preparar las soluciones nutritivas fue purificada por osmosis inversa. El riego varió de acuerdo a la fase fenológica del cultivo de 0.5 a 2.0 litros diariamente por planta. Durante el ciclo del cultivo las temperaturas fueron establecidas automáticamente en 20 y 28 °C en el día, mientras que en la noche fueron de 20 y 22 °C. Los frutos analizados estaban sanos y en etapa madura con color rojo uniforme.

Firmeza

Se determinó en la parte ecuatorial del fruto con un analizador de textura universal Instron[®] modelo 1122 de acuerdo con la metodología descrita por Batu (2004). Los resultados se reportan en N mm^{-1} .

pH

Se licuaron 20 g de tomate con 50 mL de agua destilada, después el pH se midió directamente con un potenciómetro eléctrico Orion[®] modelo 4 Star.

Sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT)

Los SST se determinaron agregando directamente dos gotas de jugo del fruto sobre el sensor de un refractómetro Atago[®] con escala de 0-32 %, se calibró con agua destilada antes de cada medición, los resultados se reportan en grados Brix. La AT se determinó de acuerdo con el método AOAC 942.15 (AOAC, 1995) y los resultados se expresan en porcentaje de ácido cítrico.

Licopeno

La extracción del licopeno se hizo mediante el método de extracción con bajo volumen de hexano descrito por Davies *et al.* (2003). El contenido de licopeno se determinó por espectrofotometría usando la absorbancia de 503 nm y el peso de la muestra (Fish *et al.*, 2002). Los resultados se expresaron en $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}$ de peso fresco (PF).

Ácido ascórbico

El contenido de ácido ascórbico se determinó mediante la metodología descrita por Albrecht (1993). Se tituló un peso conocido de muestra con colorante 2,6-dichlorofenol-indofenol usando ácido metafosfórico al 3 % como medio de extracción. Los resultados se expresaron en mg·100 g peso fresco (PF).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 5 repeticiones, con un diseño de tratamientos factorial de 4x3; los factores de estudio fueron: 4 genotipos (tres genotipos silvestres: CPRV-05, CPRV-09, CPRV-10, y Super Sweet 100[®] como testigo), y 3 los niveles de CE de la solución nutritiva: 0.5, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹. Lo anterior generó 12 tratamientos. La unidad experimental estuvo constituida por un fruto sano y en etapa madura con color rojo uniforme. Se realizaron a análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en conductividad eléctrica (CE) y en genotipos (Cuadro 5.1). En CE (Cuadro 5.2), se encontraron valores de 6.9 (1.0 dS m⁻¹) a 7.8 N mm⁻¹ (2.0 dS m⁻¹), es decir, un incremento de 10.8 % al aplicar la CE más alta, esto se puede deber a una mayor concentración de calcio en la solución nutritiva. De acuerdo con Battilani (2008) y Castellano *et al.* (2005), el calcio tiene la capacidad de

aumentar la dureza de los frutos y las aplicaciones de éste en precosecha ejercen influencia positiva en la firmeza, lo cual es muy importante durante el transporte y comercialización de los frutos.

En genotipos se encontraron valores de 6.0 a 9.3 N mm⁻¹ (Cuadro 5.2). El testigo superó ($P \leq 0.05$) a los genotipos nativos (9.3 N mm⁻¹), lo cual coincide con nuestro estudio previo donde se encontraron valores similares (datos no publicados). Batu (2004) señaló que los frutos de jitomate deben tener mínimo 1.46 N mm⁻¹ de firmeza para ser comercializados. De acuerdo a lo anterior, se observó que al momento de la cosecha todos los genotipos evaluados presentaron una firmeza aceptable.

Cuadro 5.1. Significancias estadísticas seis características de calidad de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. ceresiforme) cultivados en invernadero e hidroponía. College Station, Texas; 2008.

Factores	Firmeza (² N mm ⁻¹)	pH	Acidez titulable (% AC)	SST (°Brix)	Acido ascórbico (mg 100 g PF)	Licopeno (mg 100 g PF)
CE	0.0001** ^y	0.0694	<.0001**	0.0018**	0.1316	<.0001**
Genotipo	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
CE*Genotipo	0.5020	<.0001**	<.0001**	0.6376	0.1914	0.0256*
Media	7.4	4.3	0.72	8.0	32.3	45.8
CV (%)	7.5	1.6	2.7	4.5	5.9	7.5

²N: newtons; AC: ácido cítrico; PF: peso fresco; CE: conductividad eléctrica; DMS: diferencia mínima significativa.

^y*, **: indican significancia con $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

Cuadro 5.2. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en seis características de calidad de tres genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y un híbrido comercial de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *ceresiforme*) cultivados en invernadero e hidroponía. College Station, Texas; 2008.

Factores	Firmeza (² N mm ⁻¹)	pH	AT (% de AC)	SST (°Brix)	Ácido ascórbico (mg 100 g PF)	Licopeno (mg 100 g PF)
<u>CE (dS m⁻¹)</u>						
1.0	6.9 b ^y	4.3 a	0.70 b	8.5 b	32.9 a	42.0 c
1.5	7.4 b	4.3 a	0.70 b	8.7 ab	32.4 a	46.1 b
2.0	7.8 a	4.3 a	0.73 a	9.0 a	31.7 a	49.4 a
DMS	0.42	0.05	0.01	0.27	1.46	2.62
<u>Genotipos</u>						
JCPRV-05	8.3 b	4.5 a	0.52 c	9.0 b	35.8 a	49.7 b
JCPRV-09	6.0 c	4.2 c	0.87 a	7.5 c	30.9 c	50.7 b
JCPRV-10	5.8 c	4.3 b	0.87 a	7.3 c	29.4 c	54.5 a
Super Sweet [®]	9.3 a	4.3 b	0.60 b	9.0 a	33.3 b	28.4 c
DMS	0.50	0.06	0.01	0.34	1.86	3.33

²N: newtons; AC: ácido ascórbico; PF: peso fresco; DMS: diferencia mínima significativa; CE: conductividad eléctrica.

^yValores con la misma letra dentro cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$.

pH

Se observaron diferencias significativas en genotipo y en la interacción CE*genotipo (Cuadro 5.1). En genotipos se encontraron valores de 4.2 a 4.5 (Cuadro 5.2). JCPRV-05 (4.5) superó en 4.4 % al híbrido comercial (4.3) en pH de frutos. En general, los resultados coinciden con los de De la Torre *et al.* (2008) quienes reportaron valores de 4.2 a 4.5 en frutos de jitomate 'MHVF 6203'. También Jones (1999) menciona que el

pH de los frutos de jitomate oscila entre 4.0 y 4.5. Parisi *et al.*, (2008) reportaron valores de pH de 4.5 a 4.7 al evaluar un ecotipo tradicional de jitomate del sur de Italia. En general, los genotipos presentaron un pH similar a variedades comerciales por lo que se infiere que pueden ser aceptados para comercializarse.

Acidez titulable

En acidez titulable (AT), se encontraron diferencias significativas en CE, en genotipos, y en la interacción CE*genotipo (Cuadro 5.1). En CE (Cuadro 5.2) se encontraron valores desde 0.70 % (1.0 y 1.5 dS m⁻¹) hasta 0.73 % (2.0 dS m⁻¹), esto significa un incremento de 4.1 % al aplicar la CE más alta. También Auerswald *et al.* (1999) encontraron diferencias significativas en AT al evaluar las CE de 1.0, 3.5 y 6.0 dS m⁻¹ ‘Vanessa’ y ‘Counter’. Los mismos autores encontraron que al aumentar la CE incrementó la AT, reportando valores de 0.6, 0.8, y 0.9 % para cada CE en ‘Vanessa’; mientras que para ‘Counter’ obtuvieron 0.6, 0.7, y 0.8 % para cada CE.

Entre genotipos (Cuadro 5.2), se encontraron valores de 0.52 a 0.87 %. JCPRV-09 y JCPRV-10 (0.87 %) superaron en 31.0 % en AT al testigo (0.60 %). También Binoy *et al.* (2004) encontraron diferencias significativas en 12 genotipos de jitomate con valores desde 0.32 hasta 0.70 %. Los mismos autores encontraron valores de AT de 0.52 % y 0.70 % en los tomates tipo cherry ‘818’ y ‘T-56’, respectivamente. Raffo *et al.* (2002), encontraron valores de AT de 0.67 % en jitomate cherry ‘Naomi F1’ en etapa rojo maduro. Por su parte, Ignatova *et al.* (2008) encontraron diferencias significativas entre genotipos en nueve híbridos de jitomate con valores desde 0.41 hasta 0.82 %, estos mismos autores encontraron una AT de 0.62 % para el jitomate cherry ‘Boosinka’.

Los valores encontrados en este estudio de AT son similares o superiores a los encontrados en la literatura, por lo que los genotipos nativos evaluados presentaron niveles adecuados en esta característica. La AT y los sólidos solubles están relacionados con el aroma de los frutos del jitomate, factores que les confiere una buena calidad organoléptica (González *et al.*, 2004).

Sólidos solubles totales (SST)

Se encontraron diferencias en CE y en genotipos (Cuadro 5.1). En CE (Cuadro 5.2), se encontraron desde 8.5 (1.0 dS m⁻¹) a 9.0 °Brix (2.0 dS m⁻¹) lo que significa un incremento de 5.6% al aplicar la CE más alta. En general, los resultados de este estudio son superiores a los encontrados por Wu y Kubota (2008) quienes encontraron diferencias significativas en tomate ‘Durinta’ al evaluar una CE de 2.3 y 4.5 dS m⁻¹, encontrando 5.3 y 6.1 °Brix en cada una de las CE evaluadas. Los mismos autores atribuyeron el incremento de SST al restringido flujo de agua a los frutos debido al efecto osmótico de una alta EC. Es importante resaltar que se obtuvo la más alta concentración de SST en 2.0 dS m⁻¹ por lo que se infiere que si se utilizara la más alta CE de Wu y Kubota (4.5 dS m⁻¹) sería posible incrementar aún más los SST. Esta característica de calidad de los frutos de jitomate puede incrementarse mediante el manejo de la CE de la solución nutritiva (Auerswald *et al.*, 2008; Wu y Kubota, 2008; Battilani, 2008; Goycovic y Saavedra, 2007).

Entre genotipos (Cuadro 5.2), se encontraron valores de 7.3 a 9.0 °Brix. JCPRV-05 presentó el mismo porcentaje de SST que el testigo (9.0 %). En general, los resultados son superiores a los reportados por Binoy *et al.* (2004) quienes encontraron de

5 a 7 °Brix en 12 híbridos de jitomate, los mismos autores encontraron 6 y 7 °Brix en los híbridos de jitomate cherry ‘818’ y ‘T-56’, respectivamente; también son superiores a los encontrados por Raffo *et al.* (2002) con 6.1 °Brix en jitomate tipo cherry ‘Naomi F1’. De la Torre (2001) encontró valores desde 4.7 hasta 6.0 °Brix en frutos de jitomate ‘MHVF 6203’. Por su parte, Cantore *et al.* (2008) encontraron diferencias significativas entre genotipos y entre tratamientos al evaluar tres híbridos de jitomate y CE de 0.5, 4.0 y 8.0 dS m⁻¹, con SST fueron de 4.5, 5.2 y 5.8 en cada una de las CE evaluadas.

De acuerdo con Young *et al.* (1993) muchos genotipos silvestres y nativos producen frutos con mayores SST, debido a que sus frutos tienen mayor capacidad para acumular o incorporar fotosintatos, por su parte, Binoy (2004) indica que los sólidos solubles totales tienen implicaciones directas en los jitomates destinados a la industria, y se sugiere que las variedades o híbridos tengan más de 5.5 °Brix (Gould, 1992). Los resultados muestran que los genotipos evaluados presentaron niveles adecuados de sólidos solubles.

Acido ascórbico

En ácido ascórbico se encontraron diferencias significativas entre genotipos (Cuadro 5.1). Se obtuvieron valores desde 29.4 (JCPRV-10) hasta 35.8 mg 100 g de peso fresco (JCPRV-05), (Cuadro 5.2). El genotipo JCPRV-05 (35.8 mg 100 g de PF) superó en 7 % el contenido de ácido ascórbico del testigo (33.3 mg 100 g de PF). Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Adalid *et al.* (2008) quienes encontraron valores desde 1.4 hasta 25.8 mg 100 g PF en 17 accesiones de *L. esculentum*, y a los reportados por Binoy *et al.* (2004) en 12 genotipos de jitomate en los que observaron

desde 8.4 hasta 32.4 mg 100 de PF, mientras que en la piel de fruto encontraron valores desde 8.55 hasta 56.0 mg 100 de PF. Todos los genotipos presentaron contenidos de ácido ascórbico superiores a los encontrados por Gould (1992) y Badui (1993) que mencionan valores de ácido ascórbico en jitomate de 20 y 23 mg 100 g de PF, respectivamente. El contenido de vitamina C en frutos y hortalizas puede ser influenciado por varios factores tales como diferencias en genotipo, prácticas culturales y condiciones de precosecha, madurez y método de cosecha, así como el manejo poscosecha (Franke *et al.*, 2004; Dumas *et al.*, 2003; Lee y Kader 2000).

Al respecto, Gould (1992) sugiere desarrollar variedades o híbridos con concentraciones de ácido ascórbico superiores a 20 mg 100 g de PF, por lo que todos los genotipos evaluados podrían ser considerados como fuentes de germoplasma para esta característica en programas de mejoramiento genético por sus altos contenidos de ácido ascórbico. De acuerdo con Adalid *et al.* (2008) el mejoramiento del valor nutricional del jitomate es un objetivo en creciente importancia y que una manera de incrementar el contenido de vitaminas en jitomate es el uso de accesiones de *Lycopersicon* como padres donadores en programas de mejoramiento genético.

Licopeno

Se encontraron diferencias en CE, en genotipos y en la interacción CE*tratamiento (Cuadro 5.1). En CE (Cuadro 5.2), los valores encontrados varían de 42.0 (1.0 dS m^{-1}) a 49.4 mg 100 g de PF (2.0 dS m^{-1}), lo que significa un incremento en la concentración de licopeno de 15 % al aumentar la CE de 1.0 a 2.0 dS m^{-1} . Esta tendencia positiva coincide

con los resultados de investigadores como Wu y Kubota (2008) quienes reportaron diferencias significativas al encontrar 99 mg 100 PS con CE de 2.3 y 139 mg 100 g PS con CE de 4.5 dS m⁻¹. También De Pascale *et al.* (2001) incrementaron la concentración de licopeno en jitomate en 74 y 23 % cuando aumentaron la CE de la solución nutritiva de 0.5 a 4.4 dS m⁻¹ y de 2.3 a 4.4 dS m⁻¹, respectivamente. Por su parte, Fanasca *et al.* (2007) encontraron que la concentración en frutos de jitomate cultivados en una CE de 8.0 dS m⁻¹ incrementó 25 % comparados con los frutos cultivados en una CE de 2.5 dS m⁻¹. En general, al incrementar la CE de la solución nutritiva se ha obtenido un incremento en el contenido de licopeno en los frutos de jitomate (Battilani 2008; Goykovic y Saavedra, 2007; Dumas *et al.*, 2003), sin embargo, también se han encontrado resultados que no siguen esta tendencia positiva (Leonardi *et al.*, 2004).

Entre genotipos (Cuadro 5.2), se encontraron valores de 28.4 (testigo) a 54.5 mg 100 g PF (JCPRV-10). Los genotipos nativos superaron al testigo: JCRPV-05 en 42.9 %, JCPRV-09 en 44.0 %, y JCPRV10 en 47.9 %. En general, los resultados de este estudio se aproximan a los reportados por De la Torre *et al.* (2008), quienes encontraron valores de 29.8 a 62.7 mg por 100 g de PF en jitomate 'MHVF', y son superiores a los encontrados por Adalid *et al.* (2008) quienes en 17 accesiones de *Lycopersicon* reportaron valores desde 0.1 hasta 7.4 mg 100 g PF; y a los reportados por Binoy *et al.* (2004), quienes encontraron contenidos de licopeno de 4.8 a 14.1 mg 100 g PF en 12 híbridos de jitomate. Barret y Anton (2001) reportaron valores de 8.4 a 17.3 mg 100 g PF en variedades de jitomate cultivadas en California. Por su parte, Raffo *et al.* (2002) encontraron un contenido de licopeno de 10.4 mg 100 g de PF en jitomate 'Naomi F1'.

Toor *et al.* (2006) señalan que la gran variación en el contenido de licopeno en diferentes cultivares se atribuye al ambiente y al genotipo, factores que pueden afectar considerablemente la biosíntesis de carotenoides. Otro factor adicional que puede afectar el contenido de licopeno en jitomate es el sistema de producción, ya sea en invernadero o a campo abierto, ya que en general, se ha observado que en condiciones de invernadero el contenido de licopeno es mayor que a campo abierto (Brand *et al.*, 2003); sin embargo, se han encontrado resultados contrastantes que pueden atribuirse al genotipo (Sass-Kiss *et al.*, 2005).

El contenido de licopeno en el tomate es un factor importante porque representa de 80 al 90 % del total de carotenoides presentes en el fruto (Shi y Le Maguer, 2000) por lo que es la fuente principal de este antioxidante. Además, recientemente el mejoramiento del valor nutricional de jitomate se ha convertido en un factor relevante (Adalid *et al.*, 2008), básicamente por los efectos anti-cancerígenos del licopeno (Collings, *et al.*, 2006).

Los niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva que se emplearon fueron bajas en comparación con las evaluadas por otros investigadores por lo que es posible obtener aún mejores resultados en las características donde se obtuvo efecto positivo al incrementar la conductividad eléctrica. Sin embargo, es necesario considerar la rentabilidad de la calidad al aplicar CE altas porque aunque es posible aumentarla con cloruro de sodio, y con agua de mar cuando está disponible; actualmente una mayor

calidad interna en jitomates para consumo en fresco no se refleja en un incremento del precio que se paga al productor, aunado a que los costos de los fertilizantes comerciales recientemente se han incrementado considerablemente.

5.6 CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva tuvo un efecto significativamente positivo en la firmeza, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el contenido de licopeno de los frutos, pero no tuvo efecto significativo en el contenido de ácido ascórbico ni en el pH de los frutos.

El testigo (Super Sweet 100[®]) superó en firmeza a los genotipos nativos de tomate (JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10), y tuvo el mismo porcentaje de sólidos solubles totales que JCPRV-05.

JCPRV-05 superó en 4.4 % al testigo en pH; JCPRV-05 y JCPRV-10 superaron en 31.0% al testigo en acidez titulable. En contenido de licopeno, todos los genotipos nativos superaron al testigo: JCPRV-05 en 42.9 %, JCPRV-09 en 44.0 %, y JCPRV-10 en 47.9 %. JCPRV-05 superó en 7.0 % al testigo en el contenido de ácido ascórbico.

5.7 LITERATURA CITADA

Adalid, A. M., S. Roselló, J. Cebolla-Cornejo, F. Nuez. 2008. Evaluation and selection of *Lycopersicon* accessions for high carotenoid and vitamin C content. *Acta Horticulturae* 789: 221-227.

AOAC, 1995. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.

Albrecht, J. A. 1993. Ascorbic acid and retention in lettuce. *Journal of Food Quality* 16: 311-316.

Auerswald, H., D. Schwarz, C. Kornelson, A. Krumbein, B. Brückner. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 82: 227-242.

Barrett, D. M., G. Anthon. 2001. Lycopene content of California-Grown tomato varieties. *Acta Horticulturae* 542: 165-174.

Binoy, G., C. Kaur, D. S. Khudiya, H. C. Kapoor. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45-51.

Badui, D. S. 1993. *Química de los Alimentos*. Longman de México. 3a. ed. México, D.F. 648 p.

Battilani, A. 2008. Manipulating quality of horticultural crops with fertigation. *Acta Horticulturae* 792: 47-59.

Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471-475.

- Brand, S., A. Lugasi, É. Barna, J. Hóvári, Z. Pék, L. Helyes. 2003. Effects of growing methods and conditions of the lycopene content of tomato fruits. *Acta Alimentaria* 32: 269-278.
- Cantore, V., F. Boari, B. Pace. 2008. Salinity effects on tomato. *Acta Horticulturae* 789: 229-234.
- Castellano, G., O. Quijada, C. Marín, R. Camacho. 2005. Fertilización precosecha con fuentes de calcio sobre la firmeza y calidad de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 6: 72-77.
- Cebolla-Cornejo, J., S. Roselló, F. Nuez. 2008. Influence of protected cultivation on accumulation of taste intensity components in traditional Spanish tomato varieties. *Acta Horticulturae* 789: 181-187.
- Collings, J. K., P. Perkins-Veazi, W. Roberts. 2006. Lycopene: from plant to humans. *HortScience* 41: 1135-1144.
- Davis, A. R., W. W. Fish, P. Perkins-Veazie. 2003. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology* 28: 425-430.
- De la Torre, R., R. Ballesteros, J. López, R. Ortiz, R. M. Ruiz. 2001. Agronomic and physical-chemical evolution of tomatoes during ripening. *Acta Horticulturae* 542: 197-204.
- De Pascale, S., A. Maggio, A. Fogliano, P. Ambrosino, A. Ritieni. 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids contents and antioxidant activity of tomato. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology* 76: 447-453.

Dorais, M., D. L. Ehret, A. P. Papadopoulos. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicon*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochemistry Review* 7: 231-250.

Dumas, Y., M. Dadomo, G. D. Lucca, P. Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Sciences of Food and Agriculture* 83:369-382.

Fanasca, S., A. Martino, E. Heuvelink, C. Stanghellini. 2007. Effect of electrical conductivity, fruit pruning, and truss position on quality in greenhouse tomato fruits. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology* 82: 488-494.

Fish, W. W., P. Perkins-Veazie, J. K. Collins. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of food composition and analysis* 15: 309-317.

Franke, A. A., L. J. Custer, C. Arakaki, S. P. Murphy. 2004. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 1-35.

Garvey, T. C., J. D. Hewitt. 1991. Starch and sugar accumulation in two accessions of *Lycopersicon cheesmanii*. *Journal of American of Horticultural Sciences* 116:77-19.

González, C. A., S. M. C. Salas, G. M. Urrestarazu. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. *In: Tratado de cultivo sin suelo*. M. Urrestarazu (ed.). Mundi Prensa. Madrid, España, pp: 703-748.

Goykovic, C. V., G. Saavedra. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y práctica agronómicas de su manejo. *IDESIA* 25: 47-58.

Gould, W. A. 1992. *Tomato Production: Processing and Technology*. CTI Publications. Baltimore, MA, USA.

- Ignatova, S. I., N. F. Zagidullina, N. A. Golubkina. 2008. Biological value of greenhouse tomatoes grown in Moscow suburbs. *Acta Horticulturae* 789: 235-238.
- Jones, J. B. 1999. *Tomato Plant Culture*. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA. 199 p.
- Jones, J. B., J. P. Jones, R. E. Stall, T. A. Zitter. 2000. *Plagas y Enfermedades del Tomate*. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 2-3.
- Lee, S. K., A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Leonardi, M. M., S. Giusstrida, V. Fogliano, R. Pernice. 2004. Tomato fruit quality in relation to the content sodium chloride in the nutrient solutions. *Università di Napoli*. 7 p.
- Martínez-Barajas, E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *Agrociencia* 37: 363-370.
- Miller, J. C., S. D. Tanksley. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the Genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80: 437-448.
- Parisi, M., B. D'Onofrio, A. Pentangelo, G. Villari, I. Giordano. 2008. Morphology, productivity and characterization of the traditional ecotype pomodoro di Sorrento originating from the Campania region, southern Italy. *Acta Horticulturae* 789: 205-209.
- Raffo, A., C. Leonardi, V. Flogiano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida, G. Quaglia. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 6550-6556.

Rodríguez, G., G. Pratta, R. Zorzoli, L. A. Picardi. 2005. Caracterización de la segregación segregante de un híbrido de tomate con genes nor y silvestres. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 40: 41-46.

Sahlin, E., G. P. Savage, C. E. Lister. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 635-647.

Simonne, A. H., B. K. Behe, M. M. Marshall. 2006. Consumers prefer low-priced and high-lycopene-content fresh-market tomatoes. *HortTechnology* 16: 674-681.

Sass-Kiss, A., J. Kiss, P. Milotay, M. M. Kerek, M. Toth-Markus. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International* 38: 1023-1029.

Shi, J., M. Le Maguer. 2000. Lycopene in tomatoes. Chemical and physical properties affected by food processing. *CRC. Critical Reviews of Food Sciences and Nutrition* 110: 1-42.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilles Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.*

Toor, R. K., G. P. Savage. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.

Toor, R. K., G. P. Savage, C. E. Lister. 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 1-10.

Wu, M., C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116: 122-129.

Young, T. E., J. A. Juvic, G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *American Journal of Horticultural Science* 118: 286-292.

6. DISCUSIÓN GENERAL

De los siete genotipos nativos de jitomate (JCPRV-5, JCPRV-09, JCPRV-10, JCPRV-43, JCPRV-70, JCPRV-71, JCPRV-76) evaluados en el primer ciclo de invernadero en Chapingo, México; JCPRV-43 presentó el mayor rendimiento (58.57 t ha^{-1}). Sin embargo, para el segundo ciclo de cultivo (el cual se llevó a cabo en College Station, Texas, EUA) se seleccionaron los genotipos JCPRV-05, JCPRV-09, JCPRV-10, con rendimientos de 11.47 y 5.48 y 5.48 t ha^{-1} , respectivamente; debido a que presentaron frutos de forma redonda, lisos y de tamaño pequeño, típicos de los jitomates tipo cherry. Además, durante el ciclo de cultivo se observó que tuvieron uniformidad en floración, fructificación, y maduración de frutos, las cuales son características indispensables de los genotipos que se cosechan en racimo (Diez y Nuez, 2008).

A pesar de que JCPRV-43 presentó frutos en forma de costilla y achatados, en virtud de que presentó el mayor rendimiento, éste genotipo debería ser objeto de mayor investigación con el propósito de obtener nuevas variedades de jitomate tipo costilla.

Los estudios poscosecha que se realizaron en Chapingo, México; y en College Station, Texas; coincidieron en que la firmeza fue superior en los testigos (H-790, en Chapingo; y Super Sweet 100, en Texas) en comparación con los jitomates nativos. Esto confirma el resultado del proceso de selección y mejoramiento genético realizado con relación a esta característica en los híbridos comerciales, que les confiere un mejor

comportamiento en firmeza y una mayor vida de anaquel (Batu, 2004; Ballesteros, 1995). También en días para presentar 7 % de pérdida de peso, el testigo superó a los genotipos nativos, lo cual puede tener la misma explicación que para firmeza de frutos. En el estudio poscosecha que se realizó en Texas no se registró la pérdida de peso, pero se observó la misma tendencia de que el testigo superó a los genotipos nativos.

Con excepción del genotipo JCPRV-43, el rendimiento de los genotipos nativos evaluados tanto en Chapingo como en Texas fueron inferiores a los testigos usados en cada ciclo de cultivo, estos resultados indican que falta realizar investigación para lograr que los genotipos nativos sean competitivos en rendimiento con híbridos comerciales de jitomate cherry actualmente disponibles. Sin embargo, es necesario considerar que los genotipos evaluados representan una muy pequeña muestra de la variación morfológica y genética disponible en México de este tipo de jitomates, a pesar de lo cual se encontraron características deseables con potencial agronómico y comercial.

En contraste, en las características de calidad interna de fruto de los genotipos evaluados en Chapingo, se encontró que en sólidos solubles totales, en la acidez titulable, y en los contenidos de licopeno, de B-caroteno y de ácido ascórbico, la mayoría de los genotipos nativos superaron al testigo; y podrían ser usados como fuente de germoplasma para programas de mejoramiento genético del jitomate (Adalid *et al.*, 2008), y para consumo en fresco.

En el segundo ciclo de cultivo, que se realizó en College Station, Texas, EUA; en altura de planta y lecturas SPAD, independientemente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicada (1.0, 1.5, 20. dS m⁻¹), los genotipos nativos (JCRPV-05, JCRPV-09, y JCRPV-10) superaron al testigo. El análisis químico vegetal confirmó la relación que existe entre lecturas SPAD y la concentración de nitrógeno en las hojas de las plantas, lo cual coincidió con lo reportado por otros autores ((Liu *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2005; Boneville y Fyles, 2004; Rodríguez *et al.*, 1998).

Las conductividades eléctricas aplicadas tuvieron un efecto significativamente positivo en el área foliar y el peso de materia seca aérea, sin embargo, en las condiciones en que se llevó a cabo el estudio no afectaron el número de frutos ni el rendimiento al quinto racimo, por lo que se podrían utilizar las conductividades de 1.0 y 1.5 dS m⁻¹ para disminuir costos en fertilizantes para preparar la solución nutritiva cuando por condiciones de mercado se deseen cosechar sólo cinco racimos. Además, la concentración foliar de N, P, K, Ca, y Mg, no fue afectado por las conductividades eléctricas de la solución nutritiva aplicadas, ya que los niveles encontrados en el análisis químico foliar estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia (Adams, 1986) y no se observaron deficiencias nutrimentales durante el ciclo de cultivo.

Al igual que en el estudio poscosecha realizado en Chapingo, también en Texas al menos un genotipo silvestre superó al testigo en características de calidad interna, tales como acidez titulable, licopeno y ácido ascórbico; y JCRPV-05 presentó igual porcentaje de sólidos solubles totales que el testigo. Los sólidos solubles totales y la acidez titulable están relacionados con sabor y el aroma de los frutos de jitomate lo que

les confiere una buena calidad organoléptica (González *et al.*, 2004), mientras que el licopeno y el ácido ascórbico son antioxidantes importantes que se han relacionado con la prevención de diversos tipos de cáncer (Dorais, 2008; Collings *et al.*, 2006; Raffo *et al.*, 2002).

El mayor contenido de de licopeno y de ácido ascórbico de los genotipos nativos puede deberse a su menor tamaño en comparación con el testigo, ya que generalmente frutos pequeños tienen mayor contenido antioxidantes porque poseen un mayor radio piel:volumen; y se ha reportado que la piel del fruto de jitomate posee de dos a 3 veces mayor contenido de licopeno y de ácido ascórbico (Toor y Savage, 2005). En este sentido, Dorais *et al.* (2008) en 40 variedades de jitomate encontraron que el mayor contenido de licopeno lo presentaron los frutos tipo cherry, seguido de los tipo cluster y de los tipo bola.

Con relación a las conductividades eléctricas estudiadas (1.0, 1.5 y 2.0 dS m⁻¹) de la solución nutritiva de Steiner, se encontró una relación directamente proporcional ($P \leq 0.05$) en firmeza, acidez titulable, sólidos solubles totales, y licopeno. Esto coincide con lo encontrado por otros autores que indican que conductividades eléctricas relativamente altas producen frutos con mayor calidad interna (Dorais *et al.*, 2008; Wu y Kubota, 2008; Dumas *et al.*, 2003). Los resultados indican que aunque el rendimiento y el número de frutos no fueron afectados por las conductividades eléctricas aplicadas, éstas si tuvieron un efecto significativamente positivo en características de calidad interna.

Los resultados de esta investigación muestran el potencial del germoplasma nativo, tanto en características morfológicas de interés agronómico como en calidad de fruto, para el desarrollo de variedades mejoradas adaptadas al cultivo en invernadero; así como para el desarrollo de germoplasma con valores agregados para un mercado altamente demandante y competitivo. La conservación y aprovechamiento de este germoplasma requiere desarrollar planes de investigación a largo plazo que permitan su utilización racional y sustentable, para su incorporación comercial.

7. CONCLUSIONES GENERALES

En el primer ciclo de cultivo, los genotipos nativos JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10 fueron los más adecuados para ser cosechados en racimo como jitomates tipo cherry, por su tamaño pequeño, forma lisa y color rojo uniforme de fruto; además, durante el ciclo de cultivo se observó que tuvieron una buena uniformidad en floración, fructificación y maduración de frutos por racimo.

En el estudio poscosecha, el testigo (H-790) superó a los genotipos nativos en firmeza y en días para presentar 7 % de pérdida de peso, pero en sólidos solubles, en acidez titulable, en los contenidos de licopeno, de B-caroteno y de ácido ascórbico, la mayoría de los genotipos nativos superaron al testigo, por lo que podrían ser usados como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético del jitomate o para consumo en fresco.

En el segundo ciclo de cultivo, en altura de planta y lecturas SPAD, independientemente de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aplicada (1.0, 1.5, 20. dS m⁻¹), los genotipos nativos superaron al testigo (Super Sweet 100). Además, el análisis químico vegetal confirmó la relación que existe entre lecturas SPAD y la concentración de nitrógeno en las hojas de las plantas.

Las plantas crecidas en la conductividad eléctrica de 2.0 dS m^{-1} produjeron la mayor longitud de brotes laterales, mientras que el genotipo CPRV-05 presentó la menor longitud (5.9 cm), lo que significa el mejor comportamiento para esta característica porque disminuye el trabajo en el manejo de cultivo por eliminación de brotes.

Las conductividades eléctricas aplicadas afectaron positiva y significativamente el área foliar y el peso de materia seca aérea. Sin embargo, en las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio esto no afectó el número de frutos ni el rendimiento al quinto racimo, mientras que el testigo presentó el mayor número de frutos (79.26) y el mayor rendimiento (24.06 t ha^{-1}), por lo que se podrían utilizar las conductividades de 1.0 y 1.5 dS m^{-1} para disminuir costos en fertilizantes para preparar la solución nutritiva cuando por condiciones de mercado se deseen cosechar sólo cinco racimos.

La concentración foliar de N, P, K, Ca, y Mg, no fue afectado por las conductividades eléctricas de la solución nutritiva aplicadas y no se observaron deficiencias nutrimentales durante el ciclo del cultivo.

Con excepción de JCPRV-43 en el primer ciclo, ninguno de los genotipos silvestres superó en rendimiento al testigo de ambos ciclos de cultivo.

Las conductividades eléctricas aplicadas no afectaron el rendimiento y número de frutos, éstas si tuvieron un efecto significativo en características de calidad tanto externa e como interna de los jitomates evaluados.

El testigo (Super Sweet 100) superó en firmeza a los genotipos silvestres de jitomate (JCPRV-05, JCPRV-09, y JCPRV-10), y JCPRV-05 tuvo el mismo porcentaje de sólidos solubles totales que el testigo.

JCPRV-05 superó en 4.4 % al testigo (Super Sweet 100[®]) en pH; y JCPRV-05 y JCPRV-10 lo superaron en 31.0 % en acidez titulable. En contenido de licopeno, los genotipos silvestres superaron al testigo: JCPRV-05 en 42.9 %, JCPRV-09 en 44.0 %, y JCPRV-10 en 47.9 %; y JCPRV-05 superó 7.0 % al testigo en contenido de ácido ascórbico.

Los niveles de conductividad eléctrica de la solución nutritiva que se emplearon fueron bajas en comparación con las evaluadas por otros investigadores por lo que es posible obtener aún mejores resultados en las variables donde se obtuvo efecto positivo al incrementar la conductividad eléctrica.

8. LITERATURA CITADA GENERAL

Adalid, A. M., S. Roselló, J. Cebolla-Cornejo, F. Nuez. 2008. Evaluation and selection of *Lycopersicon* accessions for high carotenoid and vitamin C content. *Acta Horticulturae* 789: 221-227.

Adams, P. 1986. Mineral nutrition. *In*: The Tomato Crop: A scientific basis for improvement. Atherton, J. G. and Rudich, J. (eds.). Chapman and Hall. Cambridge, Great Britain. pp: 281-334.

Auerswald, H., D. Schwarz, C. Kornelson, A. Krumbein, B. Brückner. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 82: 227-242.

Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61: 471-475.

Ballesteros, R. F. 1995. Postcosecha del tomate para consumo en fresco. *In*: El Cultivo del Tomate. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 589-623.

Bonneville, M. C., J. W. Fyles. 2006. Assessing variations in SAPD-502 chlorophyll meter measurements and their relationships with nutrient content of trembling aspen foliage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 525-539.

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

Collings, J. K; Perkins-Veazi, P; Roberts, W. 2006. Lycopene: from plant to humans. HortScience 41: 1135-1144.

Diez, M. J., F. Nuez 2008. Tomato. In: Vegetables II. J. Prohens and F. Nuez (eds.). Springer. Nueva York, USA. pp: 1-75.

Dorais, M., D. L. Ehret, A. P. Papadopoulos. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicon*) health components: from the seed to the consumer. Phytochemistry Review 7: 231-250.

Dumas, Y., M. Dadomo, G. D. Lucca, P. Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Journal of the Sciences of Food and Agriculture 83:369-382.

González, C. A., S. M. C. Salas, G. M. Urrestarazu. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. In: Tratado de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed.). Mundi Prensa. Madrid, España, pp: 703-748.

Lara, H., A. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.

Liu, Y. J., Y. P. Tong, Y. G. Zhu, H. Ding, F. A. Smith. 2006. Leaf chlorophyll readings as an indicator for spinach yield and nutritional quality with different nitrogen fertilizer applications. Journal of Plant Nutrition 29: 1207-1217.

Pérez C. A., M. J. Diez, F. Nuez. 2008. Breeding for resistance to Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) at the Institute for the Conservation and Improvement of Agrobiodiversity (COMAV). Acta Horticulturae 789: 107-114.

PNUMA. 2004. Cada cultivo necesita a sus parientes. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen de prensa para México, América Latina y el Caribe. 12 p.

- Raffo, A., C. Leonardi, V. Flogiano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida, G. Quaglia. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 6550-6556.
- Rick, C. M. 1986. Germoplasm resources in the wild tomato species. *Acta Horticulturae* 190: 39-47.
- Rodríguez, M. M. N., G. G. Alcántar, S. A. Aguilar, B. J. D. Etchevers, R. J. A. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor de portátil de clorofila. *Terra* 16:135-141.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of the Sixth International Congress on Soils Culture*. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Thereshonkova, T. A., N. S. Gorshkova, S. I. Ignatova, N. A. Makarova. 2008. Breeding "cherry" and "cocktail" tomato F1 hybrids possessing multiple disease resistance. *Acta Horticulturae* 789: 205-209.
- Oyanedel, E., D. W. Wolfe, A. J. Monforte, S. D. Tanksley, T. G. Owens. 2001. Using *Lycopersicon hirsutum* as a source of cold tolerance in processing tomato breeding. *Acta Horticulturae* 542:387-391.
- Parisi, M., B. D'Onofrio, A. Pentangelo, G. Villari, I. Giordano. 2008. Morphology, productivity and characterization of the traditional ecotype pomodoro di Sorrento originating from the Campania region, southern Italy. *Acta Horticulturae* 789: 205-209.
- SINAREFI. 2008. Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. En línea: www.sinarefi.gob.mx. Consultado el 15 de mayo de 2009.

Toor, R. K., G. P. Savage. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38: 487-494.

Wang, Q., J. Chen, R. H. Stamps, Y. Li. 2005. Correlation of visual quality grading and SPAD reading of green-leaved foliage plants. *Journal of Plant Nutrition* 28:1215-1225.

Wu, M., C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116: 122-129.