

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS  
DE JITOMATE PARA INCREMENTAR  
EL NÚMERO DE FLORES**

**T E S I S**

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

**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PRESENTA:**

**ANTONIO MORALES MAZA**



DIRECCIÓN GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE MANEJO DE PROYECTOS

Diciembre de 2008, Chapingo, México.



Instituto de Horticultura

## CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE JITOMATE PARA INCREMENTAR EL NÚMERO DE FLORES

Tesis realizada por **C. Antonio Morales Maza**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

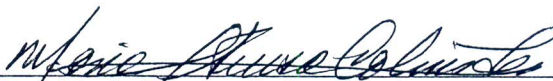
### DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



Dr. Felipe Sánchez del Castillo

ASESOR:



Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR:



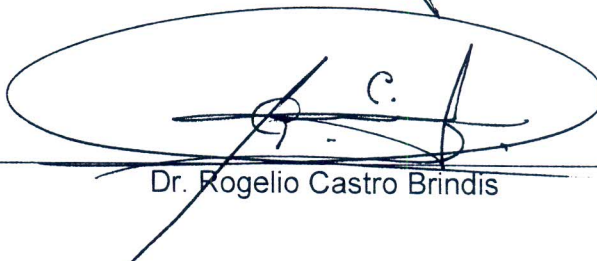
Dr. Aureliano Peña Lomelí

ASESOR:



Dr. Esaú del Carmen Moreno

LECTOR  
EXTERNO



Dr. Rogelio Castro Brindis

Diciembre de 2008, Chapingo, Estado de México, México.



## CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE JITOMATE PARA INCREMENTAR EL NÚMERO DE FLORES

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado del **C. Antonio Morales Maza**, autor de la presente tesis de Doctor en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

DIRECTOR:



Dr. Felipe Sánchez del Castillo

ASESOR:



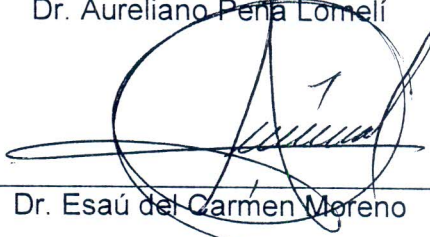
Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR:



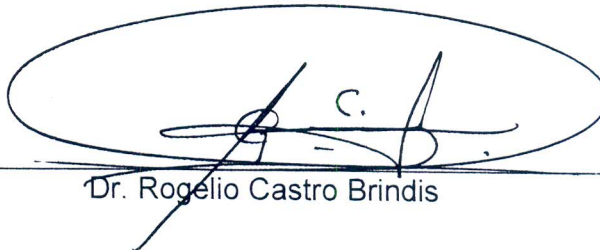
Dr. Aureliano Peña Lomelí

ASESOR:



Dr. Esaú del Carmen Moreno

LECTOR  
EXTERNO



Dr. Rogelio Castro Brindis

Diciembre de 2008, Chapingo, Estado de México, México.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Dr. Felipe Sánchez del Castillo por su dirección y orientación brindada durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Dra. María Teresa Colinas León por su participación en la revisión de este documento.

Al Dr. Aureliano Peña Lomelí por su colaboración en la revisión y observaciones para la mejora en la calidad de esta investigación.

Al Dr. Esaú del Carmen Moreno por sus aportaciones y su disponibilidad para las rápidas revisiones, sugerencias y aportaciones.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis por sus su disponibilidad en todo momento y por sus valiosas contribuciones y sugerencias.

A todos aquellos maestros, compañeros y amigos que participaron en mi formación o contribuyeron en el presente trabajo.



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo respeto a todos aquellos que hicieron posible su realización y que recibí su apoyo incondicional en todo momento.

A mis padres el Sr. Esteban Morales Morales y la Sra. Hilaria Maza Espinoza, por darme la vida, educarme con principios sólidos y dedicación para alcanzar mis metas en la vida.

A todos mis hermanos Elso, Guillermo, Florencio, Leticia, Bertha, Julio, Amado, Alma Rosa, José Antonio, sobrinos y primos, por su apoyo y motivación para seguir con mis estudios, y por el cariño que siempre me han brindado.

A mis asesorados Blanca Berenice, Martín, Carmen y al M.C Rogelio C. R. por su compañerismo, por compartir obligaciones, y compromisos durante la fase de campo, y a todas aquellas personas que apoyaron en la realización del presente trabajo de tesis.

A todos mis amigos y compañeros de grupo del programa de maestría y doctorado, gracias por su amistad.



## **DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR**

El C. Antonio Morales Maza nació en Tierra Blanca, Veracruz el día 13 de junio de 1976. Hijo de Esteban Morales Morales e Hilaria Maza Espinoza. Vivió sus primeros años en el ejido El Coyote del municipio antes mencionado, donde curso la primaria y telesecundaria, posteriormente la preparatoria la curso en el Telebachillerato 440 de Rodríguez Tejeda. Curso y obtuvo la licenciatura con el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia generación 1995-2000, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura generación 2002-2003 en el Instituto de Horticultura, del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó estancias en Iowa State University, Estados Unidos y en la Universidad de Almería, España, participo como profesor invitado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.





## ÍNDICE

|                                                                                                                                   | Pág.      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÍNDICE DE CUADROS.....                                                                                                            | iii       |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                                                            | vi        |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                                                       | <b>1</b>  |
| 1.1. Objetivos.....                                                                                                               | 7         |
| 1.1.1. Objetivo general.....                                                                                                      | 7         |
| 1.1.2. Objetivos particulares.....                                                                                                | 7         |
| 1.2. Hipótesis.....                                                                                                               | 9         |
| 1.2.1. Hipótesis general.....                                                                                                     | 9         |
| 1.2.2. Hipótesis particulares.....                                                                                                | 9         |
| <b>2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y VOLUMEN DE<br/>    SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE<br/>    JITOMATE.....</b> | <b>11</b> |
| 2.1. Resumen.....                                                                                                                 | 12        |
| 2.2. Abstract.....                                                                                                                | 13        |
| 2.3. Introducción.....                                                                                                            | 14        |
| 2.4. Materiales y Métodos.....                                                                                                    | 19        |
| 2.5. Resultados y Discusión.....                                                                                                  | 22        |
| 2.6. Conclusiones.....                                                                                                            | 31        |
| <b>3. EFECTO DEL SOMBREO Y TAMAÑO DE CONTENEDOR EN LA<br/>    PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE.....</b>                        | <b>32</b> |
| 3.1. Resumen.....                                                                                                                 | 33        |
| 3.2. Abstract.....                                                                                                                | 34        |
| 3.3. Introducción.....                                                                                                            | 35        |
| 3.4. Materiales y Métodos.....                                                                                                    | 37        |
| 3.5. Resultados y Discusión.....                                                                                                  | 40        |
| 3.6. Conclusiones.....                                                                                                            | 47        |

|                                                                                                                                       | Pág.       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4. EFECTO DE LA PODA DE HOJAS, CONDICIÓN DE CRECIMIENTO Y DENSIDAD DE POBLACION EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE.....</b> | <b>48</b>  |
| 4.1. Resumen.....                                                                                                                     | 49         |
| 4.2. Abstract.....                                                                                                                    | 50         |
| 4.3. Introducción.....                                                                                                                | 51         |
| 4.4. Materiales y Métodos.....                                                                                                        | 54         |
| 4.5. Resultados y Discusión.....                                                                                                      | 58         |
| 4.6. Conclusiones.....                                                                                                                | 69         |
| <b>5. REGULADORES DE CRECIMIENTO EN PLÁNTULAS DE JITOMATE PARA INCREMENTAR EL NÚMERO DE FLORES.....</b>                               | <b>70</b>  |
| 5.1. Resumen.....                                                                                                                     | 71         |
| 5.2. Abstract.....                                                                                                                    | 72         |
| 5.3. Introducción.....                                                                                                                | 73         |
| 5.4. Materiales y Métodos.....                                                                                                        | 77         |
| 5.5. Resultados y Discusión.....                                                                                                      | 81         |
| 5.6. Conclusiones.....                                                                                                                | 91         |
| <b>6. DISCUSIÓN GENERAL.....</b>                                                                                                      | <b>92</b>  |
| <b>7. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>                                                                                                 | <b>102</b> |
| <b>8. LITERATURA CITADA.....</b>                                                                                                      | <b>104</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                        | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| CUADRO 1. Comparación de medias para algunas variables morfológicas en plántulas de jitomate a los 37 días después de la siembra.....                                                                                                  | 24   |
| CUADRO 2. Comparaciones de medias para las variables área foliar, peso seco por órgano y peso total en plántulas de jitomate a los 37 días después de la siembra.....                                                                  | 26   |
| CUADRO 3. Comparaciones de medias para número de flores y número de frutos en las primeras tres inflorescencias en jitomate cv. Charleston a los 117 días después de la siembra (dds).....                                             | 28   |
| CUADRO 4. Respuesta a densidades de plántulas y volúmenes de contenedor para peso medio de fruto por racimo y total, rendimiento por planta y por m <sup>-2</sup> en jitomate.....                                                     | 30   |
| CUADRO 5. Comparación de medias de variables morfológicas en plántulas de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) cv. Charleston a los 37 días después de la siembra.....                                                     | 41   |
| CUADRO 6. Comparaciones de medias para las variables área foliar, peso seco por órgano y total en plántulas de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.), cv. Charleston a los 37 días después de la siembra.....               | 43   |
| CUADRO 7. Comparaciones de medias del número de flores y número de frutos en las primeras tres inflorescencias en jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.), cv. Charleston evaluados a los 117 días después de la siembra..... | 45   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| CUADRO 8. Peso medio de fruto por racimo y total, rendimiento por planta y por m <sup>2</sup> en jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) cv. Charlston evaluados a los 170 días después de la siembra en respuesta a densidades de plántulas y volúmenes de contenedor..... | 46   |
| CUADRO 9. Comparación de medias para distintas variables indicadoras del vigor y calidad de plántulas de jitomate por efectos de condición de crecimiento, genotipo y momento de poda de hojas (cuarta o quinta hoja verdadera) a los 37 días después de la siembra (dds).....       | 61   |
| CUADRO 10. Influencia Condición de crecimiento, Genotipo y momento de poda (tercera o quinta hoja verdadera) en jitomate con respecto al número de flores por inflorescencia y frutos por racimo a los 37 días después de la siembra (dds).....                                      | 64   |
| CUADRO 11. Influencia de la Condición de crecimiento, Genotipo y momento de poda (tercera o quinta hoja verdadera) en jitomate con relación al peso medio de fruto por racimo, por fruto y su rendimiento a los 126, 133, 154, 155 y 161 días después de la siembra (dds).....       | 66   |
| CUADRO 12. Distribución de tratamientos y testigo de acuerdo diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina (6-BAP) en distintos momentos de aplicaciones foliares en plántulas de jitomate cv Charleston.....                            | 78   |
| CUADRO 13. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina en variables morfológicas y materia seca por órgano de las plántulas de jitomate cv. Charleston a los 30 días después de la siembra (dds).....                    | 83   |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Pág. |
| CUADRO 14. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina en el número de flores por inflorescencia y frutos por racimo en plantas de jitomate cv. Charleston a los 67 y 77 días después de la siembra (dds), respectivamente.....                             | 87   |
| CUADRO 15. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina peso medio de fruto para los tres primeros racimos, rendimiento por planta y por metro cuadrado en jitomate cv. Charleston a los 105, 112, 126, 133, 141 y 154 días después de la siembra (dds)..... | 90   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>FIGURA 1. Medias de las interacciones Condición de crecimiento (25 cm<sup>3</sup> con 1200 plántulas·m<sup>-2</sup> y 250 cm<sup>3</sup> con 100 plántulas·m<sup>-2</sup>) por Genotipo Pik Ripe 461, Sun Líder, Chaleston y Caimán para a) Altura de plántula, b) Diámetro de tallo, c) Área foliar, d) Número de frutos de la primera y e) Peso de seco de tallo.....</p> | 67   |
| <p>FIGURA 2. Medias de las interacciones Condición de crecimiento (25 cm<sup>3</sup> con 1200 plántulas·m<sup>-2</sup> y 250 cm<sup>3</sup> con 100 plántulas·m<sup>-2</sup>) por Poda de la cuarta, quinta hoja y testigo sin poda, a) Área foliar, b) Número de flores del tercer racimo y c) Número de flores totales.....</p>                                              | 68   |

**CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE JITOMATE PARA INCREMENTAR  
EL NÚMERO DE FLORES  
GROWING CONDITIONS FOR TOMATO SEEDLINGS TO INCREASE THE NUMBER OF  
FLOWERS**

**Morales-Maza, Antonio<sup>1</sup>; Sánchez-del-Castillo, Felipe<sup>2</sup>**

**RESUMEN.** El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es una de las hortalizas más cultivadas a campo abierto en México. En los últimos años se ha convertido en una alternativa de producción en invernadero, tanto en suelo como en hidroponía. Los productores, independientemente del grado de tecnificación, realizan un manejo de ciclos largos con baja densidad y muchos racimos por planta, con lo cual se eleva la probabilidad de problemas por plagas y enfermedades, dificultad de manejo de las plantas, fluctuación de precios, etc. Los sistemas intensivos basados en alta densidad y despuntes tempranos para dejar tres racimos o menos por planta, ofrecen una alternativa para estos problemas. En el presente trabajo se realizaron cuatro investigaciones relacionadas con tratamientos encaminados a modificar el ambiente en semillero, buscando mayor vigor y calidad de plántulas, así como promover un mayor número de flores en las tres primeras inflorescencias. Los resultados mostraron que usando contenedores grandes, baja densidad de plántulas, sombreado no mayor de 35 % o aplicando reguladores de crecimiento se mejoraron las características de vigor y calidad de plántulas; pero solo se incrementó el número de flores en la primera inflorescencia con baja densidad (720 a 960 plántulas·m<sup>-2</sup>), volúmenes de contenedor mayores al convencional (75 - 175 cm<sup>3</sup>), con mayor respuesta para los cultivares determinados (Pik Ripe 461 y Sun Lider) que los indeterminados (Charleston y Caimán). La aplicación foliar de Paclobutrazol (25 ml·Litro<sup>-1</sup>) en dos aplicaciones (tercera y quinta hoja verdadera) obtuvo mayor número de flores totales en las tres primeras inflorescencias que en el testigo.

**Palabras clave:** Densidad de plántulas, tamaño de contenedor, sombreado, poda, reguladores de crecimiento.

**ABSTRAT.** The tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is one of the most cultivated vegetables in the open field in Mexico. In recent years it has become an alternative in greenhouses, both in soil and hydroponic systems. The growers, regardless of their technical level, manage the plants in long cycles with low density and many clusters per plant, thereby increasing the probability of pest and disease problems, difficulty in managing the plants, price fluctuations, etc. Intensive systems based on high density and early decapitation that leave three bunches or fewer per plant, offer an alternative to these problems. Four research projects were undertaken related to treatments aimed at changing the seedling phase environment, obtaining greater seedling vigor and quality, and promoting more flowers in the first three inflorescences. The results showed that using large containers, low seedling density, shading no greater than 35 % and plant growth regulators improved the characteristics of quality and vigor of seedlings; however, the number of flowers was only increased in the first inflorescence at low density (720 to 960 seedlings·m<sup>-2</sup>), with higher container volumes (75 - 175 cm<sup>3</sup>); a better response was obtained for determinate cultivars (Pik Ripe 461 and Sun Lider) than for indeterminate ones (Charleston and Caiman). Foliar application of Paclobutrazole at doses of 25 ml·Litro<sup>-1</sup> in the third and fifth true leaf gave more total flowers in the first three inflorescences than the control.

**Key words:** Seedling density, container size, shading, pruning, growth regulators.

<sup>1</sup>Tesista del Doctorado en Ciencias en Horticultura.

<sup>2</sup>Director de Tesis.



## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) representa la segunda hortaliza mas cultivada en el mundo, con una producción aproximada de 86 millones de toneladas de fruto; siendo solamente superada en volumen por la papa con alrededor de 300 millones de toneladas (FAO, 2004). El promedio mundial de superficie cultivada de jitomate hasta el año 1994 fue de 4.6 millones de hectáreas, siendo los principales productores China, India, Turquía, Egipto y Estados Unidos (FAO 2006). Todo esto es resultado de su alta demanda para la preparación de distintos tipos de alimentos en casi todas las culturas en el mundo, ya sea cocinado, procesado o crudo, en estado fresco o deshidratado, desde la elaboración de ensaladas hasta su industrialización.

En México el jitomate representa la principal hortaliza cultivada con una superficie de 74,000 ha en 2005; principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California, Nayarit y Jalisco (SIACON, 2005). Del 3.5 % de la superficie total dedicada al cultivo de hortalizas en México, el 22.6 % es ocupada por el jitomate, generando gran número de empleos y fuente importante de divisas para el país, produciéndose en áreas de riego y temporal (Schwentesius y Gómez, 2000).

La producción de jitomate en invernadero es un negocio de alta rentabilidad y sumamente especulativo, pero es necesario combinar altos rendimientos con buenos precios para lograr la mayor rentabilidad y el éxito en este sistema de producción (Muñoz *et al.*, 1995).



El sistema de producción de jitomate bajo invernadero consiste generalmente en el uso de variedades indeterminadas, sembradas en suelos mejorados o en sustratos hidropónicos inertes que se caracterizan por prácticas de manejo a un tallo por planta, con eliminación de brotes laterales y hojas, en ciclos de cultivo largos (hasta 11 meses), dejando de 15 a 25 racimos por planta en un solo ciclo de cultivo por año y densidades de población tan bajas como 2 a 3 plantas·m<sup>-2</sup> (25,000 plantas por hectárea). El tallo se deja crecer hasta 7 m de altura, acostando en el piso la porción que se va cosechando y dejando la parte superior en producción se mantiene en forma vertical tutorándola de la estructura del invernadero (Wittwer y Honma, 1979; Picken, 1984; Van de Vooren *et al.*, 1986; Santos y Sánchez, 2003). Los rendimientos totales llegan a alcanzar hasta 400 toneladas por hectárea en un año. Sin embargo, los problemas fitosanitarios, por lo largo del ciclo se incrementan a medida que las plantas tienen más área foliar, se incrementa el auto-sombreo y disminuye la ventilación entre las plantas, que son factores que condicionan el desarrollo de diversas enfermedades, afectando el rendimiento final del cultivo de jitomate (Resh, 1992; Nuez, 2001).

En los últimos años se han desarrollado paquetes tecnológicos alternativos que plantean el uso de invernaderos e hidroponía, con el uso de espigones tempranos y la poda de brotes laterales para dejar sólo uno, dos o tres racimos por planta, compensando la menor producción por planta con densidades altas (de 18 a 7 plantas·m<sup>-2</sup> según el nivel de espigone) concentrando la cosecha de un ciclo en un intervalo muy corto de tiempo. Con

este esquema de producción, se pueden obtener hasta cuatro ciclos de cultivo por año rebasando la productividad anual del sistema convencional; además es un sistema adaptable a invernaderos de menor altura y por lo tanto con estructuras de menor costo (Sánchez *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 1998; Ponce *et al.*, 2000). Al respecto, Chiu (1996) menciona que con este sistema de producción de racimos simples en jitomate; se puede obtener mayor uniformidad en la calidad de los frutos, maximizando la utilización del espacio y la luz, en comparación con sistemas a muchos racimos y ciclos de producción más largos.

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (distintos tipos de cimbras), donde lo normal es que en cada inflorescencia pueda haber entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones puede llegar hasta 50 flores por racimo (Vriesenga y Honma, 1974; Maroto, 1986). La primera inflorescencia es iniciada en el ápice aproximadamente cuando la tercera hoja de la plántula en semillero tiene apenas 1 cm de longitud y las hojas cotiledonares están completamente expandidas; en ese momento la competencia por fotoasimilados entre esa inflorescencia, el brote apical y los otros órganos de la plántula es mayor, porque están en crecimiento acelerado y por tanto, es el principal factor que determina el futuro desarrollo de los primordios florales y de la inflorescencia y en buena medida, el número de flores que se desarrollaran (Atherton y Harris, 1986; Charles-Edwards *et al.*, 1986). El número de flores pueden llegar a antesis en la primera inflorescencia puede ser afectado por el genotipo, el ambiente y la relación fuente-demanda

desde los ocho días posteriores a la expansión de los cotiledones y continua por una o dos semanas, coincidiendo con el momento en que la tercera hoja formada sobrepasa los 10 mm (Calvert, 1964; Ho, 1984).

De lo anterior se deduce que el semillero es la etapa de crecimiento de las plantas más conveniente para implementar prácticas que ayuden a incrementar el número de flores de los primeros racimos en jitomate. Varias de dichas prácticas pueden ser relacionada con modificaciones a las condiciones de crecimiento para mejorar el balance de carbohidratos disponibles a favor de las inflorescencias en las plántulas en el periodo en que se está realizando la diferenciación floral, tales como la intensidad y duración de la radiación fotosintéticamente activa (Charles-Edwards *et al.*, 1986; Morgan, 1986), la temperatura tanto de la parte aérea como de la raíz (Hoek *et al.*, 1993), el espaciamiento radical y aéreo (Peterson *et al.*, 1991; Wien, 1997), el manejo del CO<sub>2</sub>, agua y nutrientes (Dinar y Rudich, 1985), aplicación de reguladores de crecimiento como los triazoles (Davis *et al.*, 1988) y citocininas (Dewitte *et al.*, 1999; Sawhney, 1983; Nester y Zeevaart, 1988), y en general el manejo de las relaciones fuente-demanda (Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987; Russell y Morris, 1982).

Dado que ya se ha estudiado la densidad óptima para el máximo rendimiento y calidad para el sistema intensivo de producción de jitomate a pocos racimos por planta y alta densidad de población (Sánchez *et al.*, 1991; Ponce *et al.*, 2000), para incrementar aún más la producción por unidad de superficie; habrá que trabajar en la promoción de más flores y, por tanto, de más frutos por



racimo. Partiendo de que en este sistema hay pocos racimos por planta pero muchos por unidad de superficie dada la alta densidad de población (Sánchez y Corona, 1994).

El aumento de un solo fruto por racimo en alta densidad y pocos racimos por planta implicaría mucho mas frutos por metro cuadrado, lo que puede resultar en un aumento considerable del rendimiento por unidad de superficie si se logra mantener constante el peso medio de los frutos (Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987; Russell y Morris, 1982).

En la presente investigación se estudiaron diferentes condiciones ambientales de crecimiento y prácticas culturales en semillero buscando incrementar el vigor de las plántulas al trasplante, el vigor y el número de flores en las tres primeras inflorescencias. En los siguientes apartados se presentan en forma de artículos los resultados de cuatro experimentos.

En el primer experimento se estudió el efecto de incrementar la radiación fotosintéticamente activa interceptada por las plántulas mediante una variación de la densidad de población, combinado con diferentes volúmenes de sustrato para el crecimiento de la raíz usando contenedores del mismo diámetro pero con diferente profundidad.

Para el segundo experimento se evaluó el efecto de las modificaciones de la cantidad de radiación interceptada por plántula mediante el uso de mallas de distinto porcentaje de sombra, combinado con diferente espaciamiento para el crecimiento de la raíz generado por contenedores de distintas capacidades de sustrato, sin variación en la densidad de población



En el tercer experimento se analizó el efecto de dos condiciones de crecimiento diferenciados por la densidad de población y el tamaño de contenedor, en genotipos de crecimiento determinado e indeterminado combinado con podas en la tercera y quinta hoja verdadera, para promover mayor disponibilidad de fotoasimilados durante la diferenciación y el desarrollo de la inflorescencia.

En el cuarto y último experimento, se evaluaron distintos retardadores de crecimiento y una citocinina en contenedores sin restricciones para el crecimiento de las raíces en un genotipo de jitomate efectuando la aplicación en la etapa de semillero.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el efecto de condiciones de crecimiento en semillero que favorezcan el vigor, calidad de plántula, y que promuevan la formación de más flores en las tres primeras inflorescencias en jitomate cultivado bajo el sistema de producción hidropónico en invernadero, basado en despuntes tempranos y alta densidad de población.

### **1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

a).- Estudiar el efecto de la densidad de población y de contenedores de distinta capacidad (definida por la profundidad) en plántulas de jitomate, sobre el crecimiento, desarrollo y particularmente sobre el número de flores por inflorescencia que llegan a antesis en las tres primeras inflorescencias.

b).- Analizar el efecto de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por las plántulas a partir de niveles de sombreo y del espaciamiento de raíz proporcionado por diferentes tamaños de contenedores sobre parámetros de crecimiento, vigor de las plántulas y particularmente sobre el número de flores por inflorescencia de los primeros tres racimos de plantas de jitomate.

c).- Estudiar los efectos de dos condiciones de crecimiento en semillero (definidas por el tamaño de contenedor y la densidad de población) y la poda de una hoja (tercera o quinta hoja verdadera) en cuatro cultivares de jitomate tipo bola sobre caracteres indicadores de vigor y calidad al momento del trasplante, sobre el número posterior de flores en las tres primeras inflorescencias y el número de frutos, en relación al rendimiento por unidad de superficie.

d).- Analizar el efecto de diferentes concentraciones de retardadores del crecimiento y una citocinina, sobre variables indicadoras de vigor de plántula, número de flores de las tres primeras inflorescencias, número y rendimiento de frutos.

## **1.2. HIPÓTESIS**

### **1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Es posible inducir mayor vigor e incrementar el número de flores por inflorescencia en plántulas de jitomate en etapa de semillero, incrementando la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por plántula, aumentando el espacio para el crecimiento de la raíz y reduciendo la competencia por fotoasimilados a las inflorescencias que están iniciando.

### **1.2.1. HIPÓTESIS PARTICULARES**

a).- Al combinar una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa por las plántulas, con un mayor espaciamiento para el crecimiento de la raíz se producirán más fotoasimilados y mayor cantidad de materia seca por día, lo que incrementará el vigor y calidad de plántula, incluyendo la formación de más flores en las tres primeras inflorescencias de jitomate.

b).- La poda de una hoja en plántulas de jitomate, al disminuir la competencia por fotoasimilados para las inflorescencias que se están iniciando incrementa el número de flores en cultivares, tanto de crecimiento determinado como indeterminado.



c).- Los retardadores de crecimiento mejoran la disponibilidad de fotoasimilados para las inflorescencias que están iniciando promoviendo más flores en los tres primeros racimos, sobre todo al combinarse con la aplicación simultánea de citocininas.

**2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE  
POBLACIÓN Y VOLUMEN DE SUSTRATO EN  
LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE  
JITOMATE**

## 2.1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la densidad de población y de contenedores de distinta capacidad (profundidad) en plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), sobre el crecimiento y desarrollo, y particularmente en el número de flores en las tres primeras inflorescencias cuando las plántulas aún están en el semillero. El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero con plántulas de la variedad Charleston, irrigándose con una solución nutritiva balanceada. Se usó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial, donde se combinaron cuatro densidades de plántulas (480, 720, 960 y 1200 plántulas·m<sup>-2</sup>) con cuatro volúmenes de contenedor (25, 75, 125 y 175 cm<sup>3</sup>) definidos por su profundidad. Al momento del trasplante (37 días después de la siembra) la altura de plántula y el número de hojas fueron significativamente mayores en el tratamiento de menor densidad (480 plántulas·m<sup>-2</sup>) mostrando un desarrollo más acelerado. A esa misma edad, el área foliar por plántula y el peso seco de tallo, de raíces y el total eran menores en las plántulas conducidas a la menor densidad. Aunque la densidad más alta (1200 plántulas·m<sup>-2</sup>) no afectó significativamente el número de flores en ninguna de las tres primeras inflorescencias, generó una disminución en el número de frutos del primer racimo. La altura de plántula y el número de flores en la primera inflorescencia fueron menores para el tratamiento de menor volumen de contenedor (25 cm<sup>3</sup>).

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* Mill, contenedores, trasplante, floración.

## 2.2. ABSTRACT

The objective of the present work was to study the effect of the density of population and containers with different capacity (depth) in seedling plants of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), on the growth and development, and particularly in the number of flowers in the first three inflorescences that are initiated at primordial shoot when the seedling plants are yet in the seedling. The experiment was carried under greenhouse conditions with seedling plants of the Charleston variety, were irrigated by a nutritive balanced solution. There experimental design was used a complete randomized blocks by factorial arrangement, where four densities of seedling plants (480, 720, 960 and 1200 seedling plant·m<sup>-2</sup>) with four volumes of container size (25, 75, 125 and 175 cm<sup>3</sup>) defined by depthing were combined. At the moment of the transplant (37 days after the sowing) the height of seedling plants and the number of leaves were significantly major in the treatment with less density (480 seedling plant·m<sup>-2</sup>) showing a development more intensive. At the same age, the area of leaf per seedling plant and the dry weight of stem, of roots and the whole seedling plant were less in the seedling plant with less density. Although the highest density (1200 seedling plant·m<sup>-2</sup>) did not affect significantly the number of flowers in any of the first three inflorescences, its provoked a decrease in the number of fruits of the first cluster. The height of seedling plant and the number of flowers in the first inflorescence were less for the treatment with minor volume of container (25 cm<sup>3</sup>).

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* Mill, containers, transplant, flowering.



### 2.3. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial; se siembran aproximadamente tres millones de hectáreas y se obtiene una producción cercana a los 73 millones de toneladas (Nuez, 2001). En México, la superficie destinada al cultivo de esta especie en 2005 fue de 74,354.56 hectáreas (SIACON, 2007), de las cuales, alrededor de 2000 se manejan bajo condiciones de invernadero e hidroponía (Steta, 2004). En total se obtiene una producción de más de 1.5 millones de toneladas de fruto de las cuales un 25 % se destina al mercado de exportación.

La producción bajo invernadero se caracteriza por prácticas de manejo a un tallo por planta, con eliminación de brotes laterales y hojas, en ciclos de cultivo largos (hasta 11 meses), dejando de 15 a 25 racimos por planta y densidades de población tan bajas como 2 a 3 plantas·m<sup>-2</sup> (Santos y Sánchez, 2003). Al respecto, diversos investigadores (Sánchez *et al.*, 1998; Ponce *et al.*, 2000) en los últimos años han estado trabajando en el desarrollo de paquetes tecnológicos alternativos que plantean el uso de invernaderos e hidroponía, y con el uso despuntes tempranos y la poda de brotes laterales para dejar sólo uno, dos o tres racimos por planta, compensando la menor producción por planta con densidades altas (de 18 a 7 plantas·m<sup>-2</sup> según el nivel de despunte) lo cual es posible debido a que cada planta manejada así, desarrolla menor área foliar y se concentra la cosecha de un ciclo en un intervalo muy corto de tiempo que se puede hacer coincidir con las fechas de mejores precios en el mercado. Con este esquema de producción, se pueden obtener hasta cuatro

ciclos de cultivo por año; además es un sistema adaptable a invernaderos de menor altura, diseños menos complejos y por lo tanto con estructuras de menor costo (Sánchez *et al.*, 1991). Dado que ya se ha estudiado la densidad óptima para máximo rendimiento y calidad para este sistema (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez *et al.*, 1991; Ponce *et al.*, 2000), ahora se busca incrementar aún más la producción por unidad de superficie promoviendo la formación y crecimiento de más flores y frutos por racimo, ya que el rendimiento está basado en pocos racimos por planta compensado por altas densidades de población.

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o ramificados que forman inflorescencias llamadas corimbos o cimas racimosas, siendo lo normal que en cada inflorescencia simple pueda haber de 3 a 10 flores, aunque en ocasiones, en ciertos cultivares, puede haber 50 o más (Vriesenga y Honma, 1974). El número de flores por inflorescencia puede variar en función del genotipo, pero es influenciado por las condiciones del ambiente de la parte aérea y de la raíz que intervienen en las relaciones de la fuente y la demanda de los órganos en crecimiento (Russell y Morris, 1982; Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987).

El crecimiento de las hojas, los entrenudos y las raíces provocan una competencia por fotoasimilados al momento de la iniciación floral en el ápice, y en condiciones de limitación de los mismos pueden causar la reducción de primordios florales y aborto de algunas flores (Morris y Newell, 1987). Por su parte, Charles-Edwards *et al.* (1986) plantean que cada flor que se está iniciando requiere de una tasa mínima de abastecimiento de asimilados durante

sus etapas iniciales de desarrollo para no abortar y crecer normalmente hasta antesis. La primera inflorescencia es iniciada en el ápice aproximadamente cuando la tercera hoja de la plántula en semillero tiene apenas 1 cm de longitud y las hojas cotiledonares están completamente expandidas (Nijhoff y Publishers, 1984), siendo en esta etapa cuando la baja disponibilidad de fotoasimilados que puede ser provocada por las altas densidades de plántulas y reducidos volúmenes de contenedores causando el aborto total de la inflorescencia (Kinet, 1977), mientras que el crecimiento de las hojas continúa. La competencia entre las inflorescencias y el brote apical es el factor clave que determina la importancia de los fotoasimilados y por tanto, el futuro desarrollo de la inflorescencia (Nijhoff y Publishers, 1984).

Varios autores consideran que se puede lograr incrementar el número de flores por inflorescencia, reduciendo la competencia de los órganos vegetativos que están creciendo en el momento de la iniciación y crecimiento de las mismas (Hurt y Cooper, 1967), por lo que al mejorar las condiciones ambientales de las plántulas en semillero mediante el control de la densidad de población y el volumen del contenedor, se favorece la producción de asimilados y su distribución a favor de la inflorescencia, el crecimiento y desarrollo posterior de las plántulas (Klapwijk y Wubben, 1984; Ando *et al.*, 2003).

El sistema predominante de producción de plántulas de jitomate en México, para trasplante tanto a campo abierto como a invernadero, se basa en el uso de charolas, generalmente de 200 cavidades que generan una densidad de 1100 a 1200 plantas·m<sup>-2</sup>, pero según Pérez *et al.* (2006) para la producción



de las plántulas en México se utilizan charolas de diversos tamaños fabricadas de poliestireno expandido o rígido. Generalmente las celdas de estos contenedores tienen forma de cono invertido o pirámide; con un fondo abierto para permitir el crecimiento de las raíces. El tamaño de las celdas para la producción de el jitomate varia de 1.6 a 5 cm de diámetro y de 3.8 a 7.6 cm de profundidad. Al respecto Vivrina y Orzolek (1993), consideran que su popularidad para los agricultores es debida a que están compuestas de celdas pequeñas (alrededor de 25 cm<sup>3</sup>) que incrementan la producción de plantas por unidad de superficie, por tanto maximiza el número de plantas por unidad de área, permitiendo usar menor cantidad de sustrato por contenedor; sin embargo, no se consideran las necesidades fisiológicas y morfológicas para el desarrollo óptimo de las plántulas, y mucho menos se analizan los efectos relacionados con el crecimiento posterior y el rendimiento cuando son trasplantadas a campo o invernadero.

Las plántulas sufren cambios fisiológicos y morfológicos negativos en respuesta al sombreado mutuo y a la reducción del volumen de raíces, factores que se van agudizando hacia el final de la etapa de semillero, lo cual afecta la calidad y comportamiento posterior al trasplante (Nesmith y Duval, 1998; Sakurai *et al.*, 2007). Cooper (1990) y Cooper *et al.*, (2002), encontraron que a medida que el tamaño del contenedor aumenta, se incrementa la precocidad en la floración y consecuentemente en la cosecha. Donde el tamaño de contenedor afecta el crecimiento de las raíces, brotes apicales, distribución y acumulación de biomasa, fotosíntesis, contenidos de clorofila en las hojas, relación de agua



en la planta, absorción de nutrientes, respiración, floración y rendimiento de las plantas (Cantliffe, 1993; Nesmith y Duval, 1998). De forma similar la alta densidad de plántulas en crecimiento afecta la acumulación de fotoasimilados por plántula, y en consecuencia menor producción de fotoasimilados por plántula por día.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la densidad de población y de contenedores de distinta capacidad (definido por la profundidad) en plántulas de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), sobre el crecimiento y desarrollo y particularmente con relación al número de flores por inflorescencia que llegan a antesis en las tres primeras inflorescencias.

La hipótesis es que a menor densidad de población de plántulas se producirán más fotoasimilados y mayor cantidad de materia seca por día, lo que incidirá posteriormente en el crecimiento, desarrollo y en la formación de un número mayor de flores en las primeras inflorescencias. Además, el mayor volumen de sustrato genera un ambiente menos restrictivo para el crecimiento de la raíz, favoreciendo sus funciones de proveer de agua, nutrientes y hormonas, lo que conducirá a un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y a la formación de más flores en las primeras inflorescencias, que son las que se inducen en la fase de semillero.

## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo del 13 de mayo al 27 de octubre del 2006. La fase de semillero se estableció en un invernadero de cristal y la fase de producción en un invernadero con estructura metálica y cubierta de polietileno, ambos ubicados en la Universidad Autónoma Chapingo, a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2251 m.

Se utilizó el híbrido comercial 'Charleston' de la empresa Rogers (Syngenta), el cual pertenece a los tomates de tipo beef.

En la conducción del semillero se utilizó un sistema de enfriamiento por panel evaporativo para mantener una temperatura de 25 a 30 °C y humedad relativa de 65 a 85 %. El sustrato utilizado fue una mezcla de arena de tezontle-perlita-vermiculita en proporción 2-1-1 (v/v/v), perfectamente tamizados y mezclados. En las primeras etapas de la emergencia se aplicaron cuatro riegos por día con agua sin fertilizante y cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas se aplicaron dos riegos por día con una solución nutritiva compuesta por las siguientes concentraciones de nutrimentos minerales en  $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ : 250 N, 50 P, 250 K, 280 Ca, 50 Mg, 2 Fe, 0.5 Mg, 0.5 B, 0.1 Cu y 0.1 Zn, como lo sugieren Sánchez *et al.* (1991).

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial de tratamientos que comprendió cuatro volúmenes de contenedor en semillero (25, 75, 125 y 175  $\text{cm}^3$ ) definidos por su profundidad, combinados con cuatro densidades de población (480, 720, 960 y 1200 plántulas $\cdot\text{m}^{-2}$ ); cada tratamiento consistió de 25

plántulas, utilizando 15 plántulas de bordo y 10 plántulas en competencia completa como la unidad experimental, que fueron las utilizadas para el análisis destructivo y que se llevaron al invernadero para evaluar el número de flores por inflorescencia y variables de producción comercial. Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey a una  $\alpha \leq 0.05$ ), utilizando para su análisis el programa computacional SAS (SAS, 1990).

Los contenedores fueron contruidos con tubos de PVC de 25 mm de espesor de la pared con 2.5" de diámetro, cortados a diferentes alturas (2.5, 7.5, 12.5 y 17.5 cm) para proporcionar los volúmenes definidos. Las densidades fueron calculadas tomando como testigo a la más alta ( $1200 \text{ plántulas} \cdot \text{m}^{-2}$ ) que es la más usada comercialmente.

Las variables evaluadas a los 37 dds (días después de la siembra) que fue cuando se hizo el trasplante fueron: diámetro de tallo, utilizando un vernier electrónico "Digimatic Caliper" (Mitutoyo, Modelo No. CD-6 CS); altura de plántula, desde la base del tallo hasta el ápice medida con una regla graduada en milímetros; número de hojas; área foliar, medida con un Integrador de Área Foliar LI-3000A (LI-COR, Lincon, Nebraska); Concentración de clorofila total de la hoja de una manera indirecta, utilizando un medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan); largo de raíces, medido con una regla graduada en milímetros; volumen de raíz, por desplazamiento de volumen en agua; peso seco de hoja, tallo y raíces, órganos que se colocaron en bolsas de papel por separado y se secaron en una estufa de flujo continuo a 70 °C por 48



horas. Posterior al trasplante se midió el número de flores visibles y número de frutos formados por racimo (117 dds), y a los 170 dds se evaluó el peso promedio de fruto y el número y peso de frutos por unidad de superficie.

El desarrollo del cultivo a partir del trasplante fue en un invernadero con cubierta exterior de polietileno y piso cubierto con una tela blanca permeable de polipropileno (*ground cover*). Como sustrato se utilizó arena volcánica (tezontle rojo) con partículas de 1 a 4 mm de diámetro, los contenedores fueron bolsas de polietileno bicolor (blanco-negro) de 40x45 cm llenadas con 15 litros de sustrato. Para los riegos se utilizaron goteros con gasto de  $4 \text{ litro} \cdot \text{h}^{-1}$  con cuatro derivaciones, una por maceta dando un gasto final de  $1 \text{ litro} \cdot \text{h}^{-1}$  con cuatro riegos diarios de 15 minutos con la solución nutritiva indicada anteriormente.

El trasplante se hizo 37 dds, a una densidad de  $7 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ , colocando dos plantas por bolsa a 14.3 cm entre ellas y a 35 cm entre las hileras de bolsas; cada doble hilera de bolsas se separó por pasillos de 1.20 m de ancho; las plantas se condujeron a tres racimos con eliminación de brotes laterales para que fueran conducidas a un tallo; el ápice o yema terminal se eliminaron dos hojas por arriba del tercer racimo. Las plantas se guiaron individualmente con rafia a partir de los ocho días después del trasplante.



## 2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede observar que hubo diferencia significativa entre tratamientos de densidad para las variables altura de plántula y número de hojas, donde en las densidades menores (480 y 720 plántulas·m<sup>-2</sup>) se obtuvieron los valores más altos. De forma contraria ocurrió en el contenido de clorofila donde las plántulas manejadas a menor densidad (480 plántulas·m<sup>-2</sup>) tuvieron los valores más bajos.

Podría esperarse que las plántulas sometidas a mayor densidad, expresaran síntomas de etiolación, manifestados como plantas elongadas y de tallo delgado, debido a un mayor sombreado mutuo; sin embargo, las plántulas manejadas en baja densidad fueron más altas y tuvieron tendencia a formar tallos más gruesos como resultado no de elongación por etiolación, sino por una mayor tasa de producción de materia seca por tener mejores condiciones de iluminación (menos sombra entre ellas al estar más separadas una de otra) y a su formación de más área foliar por planta (Cuadro 2). La mayor concentración de clorofila fue encontrada en los tratamientos de alta densidad, esto posiblemente se debe a que en condiciones de sombreado tienden a incrementarse (Lawlor, 1993).

En las comparaciones de medias respecto al volumen de contenedor no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables diámetro de tallo, número de hojas y volumen de raíces; pero en diámetro de tallo y número de hojas por plántula se observa una ligera tendencia para las los volúmenes de contenedores más grandes (125 y 175 cm<sup>3</sup>), lo que sugiere

un mayor desarrollo de las plántulas en contenedores grandes. Esto se corrobora con la altura de plántula, que fue significativamente mayor en los contenedores de mayor volumen; en este caso la altura de las plántulas fue 24.08 % superior en el volumen de 175 cm<sup>3</sup> con respecto al volumen de 25 cm<sup>3</sup>, lo cual concuerda por lo reportado por Ruff *et al.* (1987) quienes consideran que la limitación de espacio para el desarrollo de las raíces provoca un desarrollo radical corto y ramificado y una menor producción y traslocación de citocininas, reguladores del crecimiento necesarios en los procesos de división celular en el ápice de crecimiento de la parte aérea.

El contenido de clorofila en las hojas de plántulas que crecieron en el volumen de 25 cm<sup>3</sup> fue 8.84 % superior al encontrado en el volumen de 175 cm<sup>3</sup>. Esto se podría explicarse parcialmente como un efecto de dilución por el mayor crecimiento y desarrollo de las plántulas manejadas en contenedores de más capacidad (Morris y Newell, 1987).

CUADRO 1. Comparación de medias para algunas variables morfológicas en plántulas de jitomate a los 37 días después de la siembra.

| Factor<br>Nivel                               | Diámetro<br>de tallo<br>(mm) | Altura de<br>plántulas<br>(cm) | Número<br>de hojas | Clorofila<br>Total<br>(Unidades<br>SPAD) | Volumen<br>de raíces<br>(cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Densidad (plántulas·m<sup>-2</sup>)</b>    |                              |                                |                    |                                          |                                            |
| 480                                           | 4.04 a <sup>z</sup>          | 17.47 a                        | 4.90 a             | 47.85 b                                  | 1.78 a                                     |
| 720                                           | 4.01 a                       | 16.82 a                        | 4.84 a             | 50.19 a                                  | 1.64 a                                     |
| 960                                           | 3.73 a                       | 12.50 b                        | 4.46 b             | 51.04 a                                  | 1.85 a                                     |
| 1200                                          | 3.80 a                       | 12.63 b                        | 4.75 ab            | 51.04 a                                  | 1.43 a                                     |
| DMSH                                          | 0.35                         | 2.95                           | 0.37               | 2.16                                     | 0.52                                       |
| <b>Volumen de contenedor (cm<sup>3</sup>)</b> |                              |                                |                    |                                          |                                            |
| 25                                            | 3.77 a                       | 12.37 b                        | 4.75 a             | 52.26 a                                  | 1.78 a                                     |
| 75                                            | 3.75 a                       | 14.39 ab                       | 4.59 a             | 51.03 ab                                 | 1.62 a                                     |
| 125                                           | 4.04 a                       | 16.38 a                        | 4.84 a             | 49.18 bc                                 | 1.71 a                                     |
| 175                                           | 4.01 a                       | 16.29 a                        | 4.78 a             | 47.67 c                                  | 1.59 a                                     |
| DMSH                                          | 0.35                         | 2.95                           | 0.37               | 2.16                                     | 0.52                                       |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

En el Cuadro 2 se muestra la prueba de comparación de medias (Tukey  $P \leq 0.05$ ) para tratamientos de densidad de población y de volumen de contenedor para el área foliar y el peso seco por órganos y peso total medidos a los 37 dds.

Hubo diferencia significativa entre densidades para área foliar y peso seco de tallo, de raíz y total, no así para el peso seco de las hojas. El área foliar

por plántula a la densidad de 480 plántulas·m<sup>-2</sup> fue 20.55 % superior con respecto a la densidad comercial de 1200 plántulas·m<sup>-2</sup>. A densidades bajas (480 y 720 plántulas·m<sup>-2</sup>) se acumuló significativamente mayor cantidad de materia seca total por plántula con respecto a las plántulas desarrolladas en la densidad de 1200 plántulas·m<sup>-2</sup>, lo que se debió principalmente al mayor peso seco de tallo y raíz. Estos resultados se explican también debido a que con densidades bajas hay una mayor intercepción de radiación solar por planta que se traduce en mayor tasa de producción de fotoasimilados y, en consecuencia de materia seca acumulada que, en general, afectarán el crecimiento y desarrollo al menos en etapas tempranas de crecimiento del jitomate (Cantliffe, 1993; Nesmith y Duval, 1998, Reghin *et al.*, 2006; Sakurai *et al.*, 2007).

Con los volúmenes de contenedor evaluados no se encontraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos para ninguna de las variables evaluadas; sin embargo, las tendencias indican que a medida que se aumenta el volumen de contenedor aumenta el área foliar y el peso seco, lo cual coincide con lo planteado por Nesmith y Duval (1998) y Reghin *et al.* (2006) en el sentido de que los caracteres fisiológicos y morfológicos de las plántulas son afectados por la restricción de espacio para el crecimiento de raíces.



CUADRO 2. Comparaciones de medias para las variables área foliar, peso seco por órgano y peso total en plántulas de jitomate a los 37 días después de la siembra.

| Factor                                   | Área foliar            | Peso seco (g·plántula <sup>-1</sup> ) |         |         |         |
|------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Nivel                                    | (cm <sup>2</sup> )     | Hoja                                  | Tallo   | Raíz    | Total   |
| Densidad (plántulas·m <sup>-2</sup> )    |                        |                                       |         |         |         |
| 480                                      | 134.69 ab <sup>z</sup> | 0.44 a                                | 0.17 ab | 0.11 ab | 0.73 ab |
| 720                                      | 146.47 a               | 0.43 a                                | 0.21 a  | 0.11 ab | 0.76 a  |
| 960                                      | 128.94 ab              | 0.45 a                                | 0.14 b  | 0.13 a  | 0.72 ab |
| 1200                                     | 107.01 b               | 0.35 a                                | 0.11 b  | 0.08 b  | 0.55 b  |
| DMSH                                     | 29.99                  | 0.13                                  | 0.06    | 0.03    | 0.19    |
| Volumen de contenedor (cm <sup>3</sup> ) |                        |                                       |         |         |         |
| 25                                       | 122.66 a               | 0.42 a                                | 0.14 a  | 0.10 a  | 0.67 a  |
| 75                                       | 117.50 a               | 0.38 a                                | 0.14 a  | 0.09 a  | 0.62 a  |
| 125                                      | 143.86 a               | 0.45 a                                | 0.19 a  | 0.12 a  | 0.78 a  |
| 175                                      | 133.09 a               | 0.42 a                                | 0.16 a  | 0.11 a  | 0.70 a  |
| DMSH                                     | 29.99                  | 0.13                                  | 0.06    | 0.03    | 0.19    |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

En el Cuadro 3 se hace la comparación de medias entre densidades y volúmenes de contenedor para el número de flores y frutos formados por inflorescencia y total por planta cuantificados a los 117 dds. Se encontró que para los niveles de densidad estudiados, no hubo diferencias significativas para el número de flores por inflorescencia en ninguna de las tres inflorescencias dejadas, pero sí hubo diferencias significativas entre tratamientos para el

número de frutos en el primer racimo, encontrándose que las plantas provenientes de mayor densidad en el semillero ( $1200 \text{ plántulas} \cdot \text{m}^{-2}$ ), tuvieron menos frutos. Al analizarse el número total de flores y frutos formados por planta, se encontró que las plantas que fueron manejadas con una mayor densidad de plántulas en semillero ( $1200 \text{ plántulas} \cdot \text{m}^{-2}$ ), produjeron significativamente menor número de flores y frutos por planta que las provenientes de  $720 \text{ plántulas} \cdot \text{m}^{-2}$ . La mayor intercepción de radiación solar por planta pudo ser la causante principal de que se presentaran más flores y frutos en este tratamiento. Como lo explican Charles-Edwards *et al.* (1986), quienes consideran que se inician más meristemas reproductivos (primordios de flor) de los que realmente se desarrollan, pero se requiere un flujo mínimo de fotoasimilados para desarrollar un meristemo; si por efecto de menor intercepción de radiación hay un flujo por debajo de ese mínimo requerido, entonces se produce el aborto del mismo.

Respecto al volumen de contenedor, sólo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el número de flores en la primer inflorescencia donde el volumen de  $175 \text{ cm}^3$  provocó un incremento de 15.15 % en el número de flores con respecto al volumen de contenedor usado en charolas comerciales con cavidades de  $25 \text{ cm}^3$ . Este efecto puede deberse a que en un ambiente menos restrictivo para el crecimiento de la raíz se absorben de manera más eficiente agua y nutriente y se sintetizan y traslocan más citocininas que pueden estimular el crecimiento de más primordios de flor (Atherton y Harris, 1986; Ponce *et al.*, 2000). Sin embargo en el presente

trabajo, el efecto no fue tan importante como para provocar un incremento significativo en el número de frutos de dicha inflorescencia.

CUADRO 3. Comparaciones de medias para número de flores y número de frutos en las primeras tres inflorescencias en jitomate cv. Charleston a los 117 días después de la siembra (dds).

| Factor                                        | Número de flores por inflorescencia |       |       |         | Número de frutos por inflorescencia |       |       |         |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|---------|-------------------------------------|-------|-------|---------|
|                                               | 1ra.                                | 2da.  | 3ra.  | TOTAL   | 1ra.                                | 2da.  | 3ra.  | TOTAL   |
| <b>Densidad (plántulas·m<sup>-2</sup>)</b>    |                                     |       |       |         |                                     |       |       |         |
| 480                                           | 6.29a <sup>2</sup>                  | 6.25a | 6.39a | 18.93ab | 5.54a                               | 4.85a | 4.31a | 14.72ab |
| 720                                           | 6.06a                               | 6.64a | 6.81a | 19.51a  | 5.37a                               | 5.56a | 4.56a | 15.50a  |
| 960                                           | 6.21a                               | 6.52a | 6.39a | 19.13ab | 5.36a                               | 4.91a | 4.46a | 14.74ab |
| 1200                                          | 5.57a                               | 6.25a | 6.17a | 18.00b  | 4.51b                               | 5.01a | 4.23a | 13.77b  |
| DMSH                                          | 0.85                                | 0.87  | 0.69  | 1.48    | 0.75                                | 0.75  | 0.73  | 1.368   |
| <b>Volumen de contenedor (cm<sup>3</sup>)</b> |                                     |       |       |         |                                     |       |       |         |
| 25                                            | 5.60b                               | 6.37a | 6.44a | 18.42a  | 4.96a                               | 4.94a | 4.48a | 14.39a  |
| 75                                            | 5.95ab                              | 6.76a | 6.31a | 19.03a  | 5.31a                               | 5.37a | 4.10a | 14.79a  |
| 125                                           | 5.98ab                              | 6.35a | 6.25a | 18.59a  | 4.95a                               | 5.17a | 4.41a | 14.55a  |
| 175                                           | 6.60a                               | 6.18a | 6.76a | 19.54a  | 5.57a                               | 4.85a | 4.57a | 14.99a  |
|                                               |                                     |       | a     |         |                                     |       |       |         |
| DMSH                                          | 0.85                                | 0.87  | 0.69  | 1.4821  | 0.75                                | 0.75  | 0.73  | 1.368   |

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 4, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de densidad de población para el peso promedio de fruto por racimo en ninguno de los tres racimos considerados, ni tampoco para el rendimiento por unidad de superficie. Lo



anterior muestra que la densidad en semillero, si bien tuvo influencia significativa sobre diferentes variables como el área foliar y peso seco al momento del trasplante, no alcanzó a afectar el peso medio de los frutos o el rendimiento posterior.

Para el volumen de contenedor en semillero el peso medio de fruto para el primer racimo presentó diferencias estadísticas, diferencias que ya no se dieron en los racimos posteriores. El peso promedio de fruto, y el rendimiento por unidad de superficie tampoco mostraron diferencias significativas entre los diferentes volúmenes de contenedor evaluados.

Los tamaños de contenedores utilizados en la evaluación no fueron contrastantes como para apreciar diferencias estadísticas en el crecimiento y en el desarrollo de las plántulas. Aunque otros autores reportan que un mayor volumen de contenedor en semillero influyen en el tamaño de fruto, y por tanto en el rendimiento a la cosecha lo cual ha sido reportado por Cooper *et al.* (2002). Sin embargo, en el presente trabajo dicho efecto no se reflejó en un mayor rendimiento por unidad de superficie, por lo que se sugiere hacer más investigación sobre este aspecto, considerando la utilización de contenedores de mayor volumen y basándose no sólo en la profundidad, sino considerando a contenedores más anchos, que darán por resultado también menores densidades de población en el semillero.



CUADRO 4. Respuesta a densidades de plántulas y volúmenes de contenedor para peso medio de fruto por racimo y total, rendimiento por planta y por m<sup>-2</sup> en jitomate.

| Factor<br>Nivel                          | Peso medio de fruto por racimo (g) |                |                | Peso<br>promedio de<br>fruto (kg) | Rendimiento    |                       |
|------------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------|
|                                          | 1er.<br>Racimo                     | 2do.<br>Racimo | 3er.<br>Racimo |                                   | planta<br>(kg) | (kg·m <sup>-2</sup> ) |
| Densidad (plántulas·m <sup>-2</sup> )    |                                    |                |                |                                   |                |                       |
| 480                                      | 137.16 a <sup>z</sup>              | 133.09 a       | 257.91 a       | 0.17 a                            | 2.99 a         | 20.93 a               |
| 720                                      | 138.75 a                           | 146.73 a       | 280.25 a       | 0.18 a                            | 2.82 a         | 19.78 a               |
| 960                                      | 145.82 a                           | 149.90 a       | 270.06 a       | 0.18 a                            | 2.83 a         | 19.87 a               |
| 1200                                     | 144.20 a                           | 140.12 a       | 275.31 a       | 0.19 a                            | 2.60 a         | 18.19 a               |
| DMSH                                     | 23.35                              | 35.53          | 62.88          | 0.03                              | 0.66           | 4.66                  |
| Volumen de contenedor (cm <sup>3</sup> ) |                                    |                |                |                                   |                |                       |
| 25                                       | 133.41 b                           | 143.70 a       | 265.11 a       | 0.18 a                            | 2.63 a         | 18.40 a               |
| 75                                       | 137.75 ab                          | 140.48 a       | 268.49 a       | 0.17 a                            | 2.99 a         | 20.99 a               |
| 125                                      | 137.21 ab                          | 147.44 a       | 290.86 a       | 0.18 a                            | 2.78 a         | 19.49 a               |
| 175                                      | 157.57 a                           | 138.23 a       | 259.06 a       | 0.18 a                            | 2.84 a         | 19.89 a               |
| DMSH                                     | 23.35                              | 35.53          | 62.88          | 0.03                              | 0.66           | 4.66                  |

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

## 2.6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- 1.- Una densidad baja en semillero (400 a 720 plantulas·m<sup>-2</sup>) permite obtener plántulas más altas al trasplante, con mayor área foliar, mayor peso seco de tallo, raíz y total y mayor número de flores y frutos por planta que las manejadas a una densidad de 1200 plantulas·m<sup>-2</sup> que es la usada en los semilleros convencionales.
- 2.- El uso de contenedores de mayor capacidad en semillero (175 cm<sup>3</sup>), provocó plantas más altas y desarrolladas hasta el momento del trasplante, las que a su vez, produjeron más flores en la primera inflorescencia y ligeramente mayor peso promedio de fruto en el primer racimo; sin embargo, se pierde el efecto en los racimos posteriores, respecto a un contenedor de 25 cm<sup>3</sup>, que es el que se usa en los semilleros convencionalmente.

### **3. EFECTO DEL SOMBREO Y TAMAÑO DE CONTENEDOR EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE**

### 3.1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de niveles de sombreado (0, 35, 50 y 75 %) y diferentes tamaños de contenedores (25, 250 y 500 cm<sup>3</sup>), sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Charleston en semillero bajo invernadero, y particularmente sobre el número de flores en las tres primeras inflorescencias, que son iniciadas a nivel de primordios en estado de plántula. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos, donde se combinaron los cuatro niveles de sombreado con los tres volúmenes de contenedor. Se evaluaron variables morfológicas, fisiológicas y de rendimiento. Los resultados indicaron que el diámetro de tallo (DT), área foliar (AF) y volumen de raíz (VR), medidas 37 días después de la siembra (dds), fueron mayores en el testigo (0 % de sombra), sin sombra respecto al nivel de 75 % de sombra. El contenedor pequeño (25 cm<sup>3</sup>) tuvo valores más pequeños para las variables altura de plántula (AP), DT, AF y VR que los contenedores grandes (250 y 500 cm<sup>3</sup>). El número de flores del primer racimo fue mayor con sombra de 50 % respecto al testigo, pero no se manifestó en mayor número de frutos ni rendimiento total de la planta. El volumen de sustrato (25, 250 y 500 cm<sup>3</sup>) en semillero, no afectó el número de flores y frutos de los tres primeros racimos, formados posteriormente.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* Mill, floración, análisis de crecimiento, radiación solar, trasplante.



### 3.2. ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze the effect of shade levels (0, 35, 50 and 75 %) and different containers size (25, 250 and 500 cm<sup>3</sup>), about growth and development of seedlings and particularly on the number of flowers in the first three clusters, which were initiated in the seedling phase of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Chasleston under greenhouse. Design was a complete randomized block with four replications and factorial arrangement of treatments, which the four levels of shade were combined with three container sizes. The results showed that stem diameter (TD), leaf area (AF) and root mass (VR), measures 37 days after planting (dds), were higher in the control without shade in relation to the level of 75 % shade. The small container size (25 cm<sup>3</sup>) had lower values for the variables plant let height (PA), DT, AF VR than large containers size (250 and 500 cm<sup>3</sup>). The number of flowers in the first cluster was higher with shadow of 50 % compared to control, but this was not manifested in more fruits or total yield per plant. The volume of substrate in seedling phase did not affect the number of flowers and fruits of the first three clusters formed subsequently.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum* Mill, flowering, analysis of growth, levels of light, transplant.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

La producción bajo invernadero se caracteriza por prácticas de manejo a un tallo por planta, con eliminación de brotes laterales y hojas, en ciclos de cultivo largos (hasta 11 meses), dejando de 15 a 25 racimos por planta y densidades de población de 2 a 3 plantas·m<sup>-2</sup> (Santos y Sánchez, 2003). Al respecto, diversos investigadores (Sánchez *et al.*, 1998; Ponce *et al.*, 2000), en los últimos años han estado trabajando en el desarrollo de paquetes tecnológicos alternativos que plantean el uso de invernaderos e hidroponía, con despuntes tempranos y la poda de brotes laterales para dejar sólo uno, dos o tres racimos por planta, compensando la menor producción por planta con densidades altas (de 7 a 18 plantas·m<sup>-2</sup> según el nivel de despunte), lo cual es posible debido a que cada planta manejada así, desarrolla menor área foliar y se concentra la cosecha de un ciclo en un intervalo muy corto de tiempo que se puede hacer coincidir con las fechas de mejores precios en el mercado. Con este esquema de producción, se pueden obtener hasta cuatro ciclos de cultivo por año; además, es un sistema adaptable a invernaderos de menor altura y por lo tanto con estructuras de menor costo (Sánchez *et al.*, 1991). Dado que ya se ha estudiado la densidad óptima para máximo rendimiento y calidad para este sistema (Sánchez y Corona, 1994; Ponce *et al.*, 2000), ahora se busca incrementar la producción por unidad de superficie usando como estrategia el promover la formación y crecimiento de más flores y frutos por racimo, ya que en dicho sistema el rendimiento está basado en pocos racimos por planta compensado por altas densidades de población. Una manera de lograr este

incremento sería mediante modificaciones en el nivel de sombreado y tamaño de contenedor, ya que el jitomate la floración es fuertemente influenciada por condiciones de luz y del ambiente de la raíz, además de la temperatura, CO<sub>2</sub>, agua y nutrientes que intervienen en las relaciones de la fuente y la demanda de los órganos en crecimiento (Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987; Russell y Morris, 1982).

Para la producción de plántulas hortícolas es frecuente que se utilicen charolas de 25 a 30 cm<sup>3</sup>, generalmente de 200 cavidades que generan una densidad de 1100 plántulas·m<sup>-2</sup>. El tamaño de las celdas de los contenedores y la densidad de población de las plántulas en semillero son factores que se interrelacionan para definir las características deseables en las plántulas (Weston y Zandstra, 1986; Nesmith y Duval, 1998). Al aumentar el tamaño del contenedor se incrementa la precocidad en la floración y consecuentemente la cosecha. Así mismo, la mayor densidad de raíces en recipientes pequeños reduce el espacio poroso y hay mayor competencia por oxígeno, provocando que cuando son trasplantadas a campo o invernadero, sean incapaces de compensar la evapotranspiración, aun siendo irrigadas posteriormente al trasplante (Pereira y Martínez, 1999).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por las plántulas a partir de niveles de sombreado y del espaciamiento de raíz proporcionado por diferentes tamaños de contenedores sobre variables de crecimiento, vigor de las plántulas y particularmente del número de flores por inflorescencia de los primeros tres



racimos de plantas de jitomate. La hipótesis es que al combinar una mayor intercepción de RFA por las plántulas con un mayor espaciamiento para el crecimiento de la raíz se incrementa su vigor, incluyendo la formación de más flores en las tres primeras inflorescencias de jitomate.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se llevó a cabo del 13 de mayo al 27 de octubre del 2006. La fase de semillero se estableció en un invernadero de cristal y la fase de producción en un invernadero con estructura metálica y cubierta de polietileno, ambos ubicados en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2251 m. Se utilizó el híbrido comercial 'Charleston' de la empresa Rogers (Syngenta), el cual pertenece a los jitomates de tipo beef. En semillero se mantuvo una temperatura de 25 a 30 °C y humedad relativa de 65 a 85 %. El sustrato utilizado fue una mezcla de arena de tezontle-perlita-vermiculita en proporción 2-1-1 (v/v/v), perfectamente tamizados y mezclados. En las primeras etapas de la emergencia se aplicaron cuatro riegos por día con agua sin fertilizante y cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas se aplicaron dos riegos por día con una solución nutritiva compuesta con los siguientes nutrimentos minerales (mg Litro<sup>-1</sup>): 250 N, 50 P, 250 K, 280 Ca, 50 Mg, 2 Fe, 0.5 Mg, 0.5 B, 0.1 Cu y 0.1 Zn, como lo sugieren Sánchez *et al.* (1991).



El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial de tratamientos que comprendió cuatro niveles de sombreado dentro del semillero (0 %, 35 %, 50 % y 75 %) definidos por mallas sombras, combinados con tres volúmenes de contenedores ( $25\text{ cm}^3$ ,  $250\text{ cm}^3$  y  $500\text{ cm}^3$ ), dejando una distancia entre plantas de  $10\times 10\text{ cm}$  ( $100\text{ plantas}\cdot\text{m}^{-2}$ ); la parcela experimental consistió de 25 plantas, utilizando 15 plantas de bordo y 10 plantas en competencia completa como unidad experimental, que fueron utilizadas para el análisis destructivo y posteriormente trasplantadas al invernadero para evaluar el número de flores por inflorescencia y variables de producción.

Las variables evaluadas a los 37 dds (días después de la siembra), que fue cuando se hizo el trasplante, fueron: diámetro de tallo (Mitutoyo, Modelo No. CD-6 CS); altura de plántula, desde la base del tallo hasta el ápice; número de hojas; área foliar utilizando un integrador de área foliar LI-3000A (LI-COR, Lincon, Nebraska); concentración de clorofila total de la hoja de manera indirecta, utilizando un medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan); largo de raíces; volumen de raíz, por desplazamiento de volumen en agua; peso seco de hoja, tallo y raíces. A los 117 dds se cuantificó el número de flores visibles y número de frutos formados por racimo, y a los 170 dds se hizo la cosecha, entonces se evaluó el peso promedio de fruto y el número y peso de frutos por unidad de superficie.

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ), utilizando para su análisis el programa computacional SAS (SAS, 1990).

El desarrollo del cultivo a partir del trasplante fue en un invernadero con cubierta exterior de polietileno y piso cubierto con una tela blanca permeable de polipropileno (*ground cover*). Como sustrato se utilizó arena volcánica (tezontle rojo) con partículas de 1 a 4 mm de diámetro, los contenedores fueron bolsas de polietileno bicolor (blanco-negro) de 40x45 cm que contenían 15 litros de sustrato. Para los riegos se utilizaron goteros con gasto de 4 L hora<sup>-1</sup> con cuatro derivaciones, una por maceta dando un gasto final de 1 L hora<sup>-1</sup> con cuatro riegos diarios de 15 minutos con la solución nutritiva indicada anteriormente. El trasplante se hizo 37 dds, a una densidad de 7 plantas m<sup>-2</sup>, colocando dos plantas por bolsa a 14.3 cm entre ellas y a 35 cm entre las hileras de bolsas; cada doble hilera de bolsas se separó por pasillos de 1.20 m de ancho; las plantas se guiaron individualmente con rafia a partir de los ocho días después del trasplante, se condujeron a tres racimos con eliminación de brotes laterales para que fueran conducidas a un tallo; el ápice o yema terminal se eliminó dos hojas por arriba del tercer racimo.

### 3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las variables analizadas, a excepción de altura de plántula que todos los niveles de sombreado fueron iguales estadísticamente; los valores más altos por nivel de sombreado se obtuvieron en plántulas que desarrollaron con un nivel de sombreado del 0 % que fueron estadísticamente diferentes con el nivel de sombreado del 75 %, en diámetro de tallo (12 %), número de hojas (12 %), clorofila (14 %) y volumen de raíces (54 %). Esto indica que las características morfológicas de las plántulas sin sombra (0 % de sombra) se mejoran con respecto a niveles altos de sombreado (70 %) en etapa de semillero. Resultados similares a lo reportado por Candido y Miccolis (2003), quienes encontraron que con la reducción del 50 % de radiación por el uso de malla sombra, reportaron un incremento neto de la altura, número de hojas, área foliar y largo de raíz en semillero, pero hay menor acumulación en el contenido de materia seca en los órganos aéreos. El contenido de clorofila y el volumen de raíz, se redujo desde un nivel de sombreado del 50 %.

A volúmenes de 250 y 500 cm<sup>3</sup> se obtuvo mayor diámetro de tallo, altura de planta, número de hojas y volumen de raíces respecto a 25 cm<sup>3</sup>; contrario al contenido de clorofila que fue superior al utilizar el volumen de 25 cm<sup>3</sup> de sustrato (Cuadro 5); con lo que se confirma que en contenedores pequeños las raíces de las plántulas crecen menos, lo cual genera una disminución en el crecimiento en términos de acumulación de materia seca en órganos aéreos y raíces, tal como lo señalan Candido y Miccolis (2003). De forma similar, Pereida y Martínez (1999) encontraron que este tipo de resultados se pueden explicar



por la influencia de la restricción del sistema radicular sobre el crecimiento de la parte aérea, debido a que poca exploración de la raíz reduce la disponibilidad de nutrientes, agua, oxígeno niveles de citocininas y otros factores relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

CUADRO 5. Comparación de medias de variables morfológicas en plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Charleston a los 37 días después de la siembra.

| Factor y Nivel                                | Diámetro de tallo (mm) | Altura de plántulas (cm) | Número de hojas | Clorofila (Unidades SPAD) | Volumen de raíces (cm <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>Nivel de sombra (%)</b>                    |                        |                          |                 |                           |                                      |
| 0                                             | 4.89 a <sup>z</sup>    | 19.52 a                  | 6.25 a          | 48.05 a                   | 3.50 a                               |
| 35                                            | 4.56 ab                | 20.48 a                  | 5.75 ab         | 46.31 ab                  | 2.62 ab                              |
| 50                                            | 4.53 ab                | 22.34 a                  | 5.79 ab         | 43.25 bc                  | 2.16 bc                              |
| 75                                            | 4.32 b                 | 20.94 a                  | 5.50 b          | 41.30 c                   | 1.60 c                               |
| DMSH                                          | 0.49                   | 3.62                     | 0.61            | 3.17                      | 0.98                                 |
| <b>Volumen de contenedor (cm<sup>3</sup>)</b> |                        |                          |                 |                           |                                      |
| 25                                            | 3.93 b                 | 16.31 b                  | 5.37 b          | 49.44 a                   | 1.90 b                               |
| 250                                           | 4.83 a                 | 23.66 a                  | 6.09 a          | 43.56 b                   | 2.96 a                               |
| 500                                           | 4.96 a                 | 22.48 a                  | 6.00 a          | 41.18 b                   | 2.55 ab                              |
| DMSH                                          | 0.38                   | 2.84                     | 0.48            | 2.49                      | 0.77                                 |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

Con el nivel de sombreado a 75 %, disminuyó el área foliar por plántula hasta en 31.89 % respecto a las que crecieron en 0 % de sombra; mientras que el peso seco de hoja, tallo, raíz y el peso seco total de la plántula disminuyeron en 61, 53, 66 y 70 %, respectivamente (Cuadro 6). Candido y Miccolis (2003) sugieren que para mejorar las características de las plántulas debe reducirse



hasta un 50 % la radiación total; por tanto los resultados obtenidos concuerdan parcialmente con los autores anteriores, dado que los valores de 0, 35 y 50 % de sombreo son estadísticamente similares en área foliar y peso seco de tallo, aunque con el 0 % de sombreo se presenta valor más alto. El peso seco de hoja, raíz y total de plántula fueron significativamente más bajos en los niveles de sombreo de 35 %, 50 % y 75 %, en comparación con 0 % de sombra.

El área foliar, peso seco de hoja, de tallo y total fue mayor en los volúmenes de contenedor de 250 y 500 cm<sup>3</sup>, respecto al contenedor de 25 cm<sup>3</sup>; en cambio, para el peso seco de raíz no hubo diferencias estadísticas por la variación del tamaño del contenedor, pudiendo atribuirse esto a que las mediciones se realizaron a los 37 dds, lo cual a pesar de las restricciones presentadas por un contenedor de 25 cm<sup>3</sup> con respecto a los de 250 y 500 cm<sup>3</sup> la densidad fue baja (100 plantas m<sup>-2</sup>), favoreciendo el crecimiento de la parte aérea más que el del sistema radical (Cuadro 6).

En general, tanto para los niveles de sombreo como para los volúmenes de contenedor el peso seco total de las plántulas evaluadas a los 37 dds correspondió 63.6 % al peso seco de hoja, el 18.5 % al peso seco de tallo y el 17.9 % al peso seco de raíz (Cuadro 6). Esto sugiere que más de la mitad de la materia seca que la planta produce la concentra en generar mayor cantidad de hojas, con respecto a la formación de raíces y tallo; lo cual concuerda con otros autores como Pereira y Martínez (1999) quienes señalan que las plántulas producidas en contenedores de volumen grande son más vigorosas, presentando una relación de la parte aérea/raíz más equilibrada y

proporcionando un mayor desarrollo posterior al trasplante, comparadas con aquellas que crecen en ambientes restringidos de sustrato). Según Zheng y Xia (1998), en ocasiones el peso específico de hoja puede disminuir hasta en 40.03 % y el área foliar hasta 32.21 %, lo cual se refleja en el peso seco total de las plántulas de jitomate con decrementos desde un 30.98 a 74.33 % en la acumulación de materia seca.

CUADRO 6. Comparaciones de medias para las variables área foliar, peso seco por órgano y total en plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Charleston a los 37 días después de la siembra.

| Factor                                   | Área foliar           | Peso seco (g plántula <sup>-1</sup> ) |         |        |         |
|------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------|--------|---------|
| Nivel                                    | (cm <sup>2</sup> )    | Hoja                                  | Tallo   | Raíz   | Total   |
| Nivel de sombra (%)                      |                       |                                       |         |        |         |
| 0                                        | 273.02 a <sup>z</sup> | 1.23a                                 | 0.36 a  | 0.35 a | 1.95 a  |
| 35                                       | 251.11 ab             | 0.81 b                                | 0.25 ab | 0.22 b | 1.29 b  |
| 50                                       | 246.08 ab             | 0.70 bc                               | 0.25 ab | 0.17 b | 1.13 bc |
| 75                                       | 185.93 b              | 0.48c                                 | 0.17 b  | 0.12 b | 0.78 c  |
| DMSH                                     | 69.15                 | 0.30                                  | 0.11    | 0.10   | 0.48    |
| Volumen de contenedor (cm <sup>3</sup> ) |                       |                                       |         |        |         |
| 25                                       | 163.41 b              | 0.56 b                                | 0.19 b  | 0.19 a | 0.95 b  |
| 250                                      | 274.95 a              | 0.92 a                                | 0.30 a  | 0.24 a | 1.47 a  |
| 500                                      | 278.74 a              | 0.93 a                                | 0.29 a  | 0.21 a | 1.44 a  |
| DMSH                                     | 54.32                 | 0.23                                  | 0.09    | 0.08   | 0.38    |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

En el Cuadro 7 se muestra que, en número de flores y frutos por inflorescencia evaluados a los 117 dds, sólo hubo diferencias estadísticas significativas por nivel de sombreo 0 y 50 % para el número de flores del primer racimo; los niveles de sombreo de 35, 50 y 75 % aplicados en la etapa de

semillero incrementaron en 8.53, 14.60 y 9.10 % el número de flores del primer racimo en plántulas de jitomate respecto a las que estuvieron a 0 % de sombra. Entonces, la producción de plántulas en semillero con 0 % es favorable para acumular materia seca (Cuadro 6), pero no para incrementar el número de flores y frutos por racimo (Cuadro 7), esto posiblemente debido a que por un lado aunque la radiación favorece la diferenciación floral, las altas temperaturas que regularmente acompañan a los altos niveles de radiación revierten el proceso de diferenciación floral (Bernier, 1988; Dieleman y Heuvelink, 1992; McDaniel *et al.*, 1992); esto concuerda con Hurd (1973), quien encontró que en etapas posteriores al semillero las plantas de jitomate cv. Minibelle que crecieron en ambiente controlado de radiación de  $575 \text{ kJ m}^{-2}$  (400-700 nm), y 8 horas de radiación, presentaron una disminución en una o dos flores por inflorescencia que cuando las plántulas recibieron periodos de luz más largos de 16 horas. Por su parte, El-Abd *et al.* (1979) reportaron que en variedades de jitomate *Alicante* y *UC 82* crecidas sin sombra, las altas temperaturas, favorecieron un aumento en la acumulación de materia seca y disminución en el número de flores por racimo, pero sin presentar diferencias en el número promedio de flores acumuladas en dos niveles de temperatura del día/noche (35/24 °C y 20/16 °C).

Para el caso de los volúmenes de contenedor no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los volúmenes de contenedor (25, 250 y 500 cm<sup>3</sup>), pero se observa una tendencia a incrementar tanto el número



de flores como el número de frutos por inflorescencia a medida que el volumen de contenedor se incrementa de 25 a 500 cm<sup>3</sup> de sustrato.

CUADRO 7. Comparaciones de medias del número de flores y número de frutos en las primeras tres inflorescencias en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Charleston evaluados a los 117 días después de la siembra.

| Factor<br>Nivel                               | Número de flores por inflorescencia |                |                |                        | Número de frutos por inflorescencia |                |                |                     |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|---------------------|
|                                               | 1er.<br>Racimo                      | 2do.<br>Racimo | 3er.<br>Racimo | Total<br>por<br>planta | 1er.<br>Racimo                      | 2do.<br>Racimo | 3er.<br>Racimo | Total por<br>planta |
| <b>Nivel de sombra (%)</b>                    |                                     |                |                |                        |                                     |                |                |                     |
| 0                                             | 5.79b <sup>z</sup>                  | 6.20a          | 6.14a          | 18.14a                 | 6.12a                               | 5.29a          | 5.45a          | 16.87a              |
| 35                                            | 6.33ab                              | 6.33a          | 7.00a          | 19.66a                 | 6.00a                               | 6.08a          | 3.95a          | 16.04a              |
| 50                                            | 6.87a                               | 6.50a          | 6.87a          | 20.25a                 | 6.08a                               | 5.87a          | 4.58a          | 16.54a              |
| 75                                            | 6.37ab                              | 6.58a          | 7.16a          | 20.12a                 | 6.62a                               | 5.16a          | 5.00a          | 15.79a              |
| DMSH                                          | 1.02                                | 1.03           | 1.23           | 2.24                   | 1.62                                | 1.52           | 1.64           | 3.32                |
| <b>Volumen de contenedor (cm<sup>3</sup>)</b> |                                     |                |                |                        |                                     |                |                |                     |
| 25                                            | 5.96a                               | 6.21a          | 6.73a          | 18.91a                 | 5.21a                               | 5.15a          | 4.62a          | 15.59a              |
| 250                                           | 6.40a                               | 6.62a          | 6.96a          | 20.00a                 | 6.28a                               | 5.50a          | 4.87a          | 16.68a              |
| 500                                           | 6.65a                               | 6.37a          | 6.68a          | 19.71a                 | 6.37a                               | 5.34a          | 4.75a          | 16.65a              |
| DMSH                                          | 0.80                                | 0.81           | 0.97           | 1.76                   | 1.27                                | 0.87           | 1.29           | 2.60                |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

Para saber si los tratamientos aplicados en el semillero pueden tener efectos más tarde en el crecimiento, se analizaron variables de rendimiento por racimo, por fruto y por planta; pero en ningún caso se tuvo diferencias significativas (Cuadro 8), tanto para los niveles de sombreo como para los volúmenes de contenedor en que crecieron las plántulas evaluadas al final de la cosecha (170 dds).



Es claro que el efecto promovido tanto por el nivel de sombreo como por el tamaño de contenedor, se pierde tanto en el peso de frutos por racimo como en rendimiento total. Aunque, la tendencia sugiere que con el nivel de 0 % de sombreo se presentó mayor respuesta en las variables analizadas, no así para los volúmenes de contendor donde se pierde el efecto de semillero.

CUADRO 8. Peso medio de fruto por racimo y total, rendimiento por planta y por m<sup>2</sup> en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Charlston evaluados a los 170 días después de la siembra en respuesta a densidades de plántulas y volúmenes de contenedor.

| Factor<br>Nivel                          | Peso medio de fruto por racimo (g) |                |             | Peso<br>promedio<br>de fruto (g) | Rendimiento<br>por planta<br>(kg) |
|------------------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                          | 1er. Racimo                        | 2do.<br>Racimo | 3er. Racimo |                                  |                                   |
| Nivel de sombra (%)                      |                                    |                |             |                                  |                                   |
| 0                                        | 134.76 a <sup>z</sup>              | 145.22 a       | 148.36 a    | 142.78 a                         | 2.25 a                            |
| 35                                       | 129.30 a                           | 153.11 a       | 153.79 a    | 145.40 a                         | 2.26 a                            |
| 50                                       | 127.90 a                           | 162.70 a       | 153.49 a    | 148.03 a                         | 2.39 a                            |
| 75                                       | 128.21 a                           | 151.41 a       | 145.19 a    | 141.60 a                         | 2.20 a                            |
| DMSH                                     | 21.14                              | 22.76          | 22.49       | 15.34                            | 0.38                              |
| Volumen de contenedor (cm <sup>3</sup> ) |                                    |                |             |                                  |                                   |
| 25                                       | 128.18 a                           | 153.82 a       | 143.53 a    | 141.84 a                         | 2.16 a                            |
| 250                                      | 133.89 a                           | 154.49 a       | 154.93 a    | 147.77 a                         | 2.33 a                            |
| 500                                      | 128.06 a                           | 151.02 a       | 152.16 a    | 143.75 a                         | 2.34 a                            |
| DMSH                                     | 16.60                              | 17.88          | 17.67       | 12.05                            | 0.30                              |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta.

Al respecto, Nesmith y Duval (1998) y Weston y Zandstra (1986) indican que el tamaño de las celdas de los contenedores y la densidad de población de las plántulas en semillero se interrelacionan para definir las características

deseables en plántula y mejoran rendimiento final. Investigaciones con producción comercial de pepino indican que el rendimiento total es superior con trasplante producido en contenedores grandes ( $121.2 \text{ cm}^3$ ), con menor volumen de sustrato (Seabra *et al.*, 2004).

### 3.6. CONCLUSIONES

Las variables morfológicas y fisiológicas analizadas en plántulas de jitomate cv Charleston evaluadas a los 37 días posteriores a la siembra, fue de mayores valores en los niveles de ausencia de sombreo (0 % de sombreo), respecto al incremento del sombreo (75 %); mejorando su efecto en volúmenes de 250 y  $500 \text{ cm}^3$ , con respecto a las plántulas desarrolladas a  $25 \text{ cm}^3$ . No obstante, este efecto se pierde en los racimos posteriores, por lo que no hubo efecto en variables de floración y de rendimiento con el cambio del nivel de sombra y tamaño de contenedor, excepto para el primer racimo donde con el 50 % de sombreo fue mayor la floración que bajo 0 % de sombreo.

**4. EFECTO DE LA PODA DE HOJAS,  
CONDICIÓN DE CRECIMIENTO Y DENSIDAD  
DE POBLACION EN LA PRODUCCIÓN DE  
PLÁNTULAS DE JITOMATE**

---

#### 4.1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar los efectos de dos condiciones de crecimiento de plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en semillero, con ambiente restrictivo (definido por un contenedor de 25 cm<sup>3</sup> y 1100 plántulas·m<sup>-2</sup>) y ambiente no restrictivo (definida por un contenedor de 250 cm<sup>3</sup> y 100 plántulas·m<sup>-2</sup>) en cuatro genotipos (Pik Ripe 461, Sun Lider, Charleston y Caimán) y con poda a la tercera o quinta hoja verdadera, sobre el vigor y calidad de plántulas al momento del trasplante, el número de flores de las tres primeras inflorescencias y el rendimiento de frutos por racimo. El experimento, tanto en semillero como después del trasplante, se realizó bajo condiciones de invernadero e hidroponía bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial de tratamientos. Los resultados indicaron que las plántulas crecidas en ambiente no restrictivo incrementaron sus parámetros de calidad en semillero, pero el número de flores y frutos formados por racimo no se modificó, aunque hubo respuestas diferentes entre Genotipos. La Poda de la cuarta hoja afectó negativamente la calidad de plántula, pero mejoró el número de flores y frutos de los tres primeros racimos en Pik Ripe 461 y Sun Lider. Entre Genotipos Caimán tuvo mejor respuesta en calidad, pero Sun Lider incremento el número de flores y frutos, aunque esto no se manifestó en mayor rendimiento.

**Palabras clave:** Semillero, floración, número de hojas, trasplante.



## 4.2. ABSTRACT

The objective this study was to analyze the effects of two Conditions for growth of seedlings of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), where the seedlings restrictive environment condition (defined by a container of 25 cm<sup>3</sup> and 1100 seedlings•m<sup>-2</sup>) and non-restrictive environment condition (defined by a container of 250 cm<sup>3</sup> and 100 seedlings•m<sup>-2</sup>) in four genotypes (Pik Ripe 461, Sun Lider, Charleston and Caimán) and two pruning to the third or fifth true leaf, on the strength and quality of the seedlings time of transplantation, the number of flowers of the first three inflorescences and the yield of fruits per cluster. The experiment, both in nursery and after the transplant was carried out under greenhouse conditions and under a hydroponics, was used design of randomized blocks with four repetitions in a factorial arrangement of treatments. The results indicated that the seedlings growing in ambient not-restrictive increased their parameters of quality seedlings, but the number of flowers and fruit made up of cluster was not altered, although there were different responses between genotypes. The pruning of the fourth leaves adversely affected the quality of seedlings, but improved the number of flowers and fruits of the first three clusters in Pik Ripe 461 and Sun Lider. Among Genotypes Caimán had better response in quality, but Sun Lider increase the number of flowers and fruits, although this was not observed in higher yields.

**Index words:** Seedling, flowering, number of leaves, transplant.

### 4.3. INTRODUCCIÓN

En México, la superficie destinada al cultivo de jitomate en 2005 fue de 74,354.56 hectáreas de las cuales alrededor de 2000 fueron manejadas bajo condiciones de invernadero e hidroponía (SIACON, 2005).

Los sistemas convencionales de producción se caracterizan principalmente por ciclos largos (hasta 11 meses), baja densidad (2 a 3 plantas·m<sup>-2</sup>) y con 15 a 25 racimos por planta. Como alternativa a estos sistemas la Universidad Autónoma Chapingo desarrolló paquetes tecnológicos para jitomate con despuntes tempranos, poda de brotes laterales para dejar sólo uno, dos o tres racimos por planta (7 a 18 plantas·m<sup>-2</sup>); para acortar el ciclo y facilitar el manejo de la nutrición, control de plagas y enfermedades (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez y Corona, 1994). Ya se ha estudiado la densidad óptima para máximo rendimiento y calidad bajo este sistema (Ponce *et al.*, 2000). Pero en la búsqueda para incrementar aún más la producción por unidad de superficie, al parecer la estrategia más adecuada puede ser la promoción de más flores y frutos por racimo, ya que el rendimiento en este esquema de producción está basado en pocos racimos por planta compensado por altas densidades de población.

La iniciación floral, así como el número de flores por inflorescencia, en parte está definida genéticamente (Vriesenga y Honma, 1974), pero se sabe que es influenciada por factores ambientales que intervienen en las relaciones de la fuente y la demanda de los órganos en crecimiento en etapa de semillero (Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987), que es cuando se inicia la

diferenciación de las tres primeras inflorescencias (Ho, 1984), por lo que se podría influir sobre el número de flores modificando el ambiente de crecimiento en esta etapa.

La mayoría de los sistemas de producción intensiva en invernadero y campo abierto de hortalizas en México utilizan plántulas producidas con charolas multi-alveolares, con densidad de población muy alta (1000 a 1500 plantas·m<sup>-2</sup>) y reducido volumen de las cavidades para el crecimiento de la raíz (20 a 30 ml), por lo que se van generando condiciones ambientales restrictivas conforme las plántulas van creciendo. Entonces, la alta densidad ocasiona que, conforme crecen las plántulas, se agudice un sombreado mutuo que provoca menos producción de fotoasimilados por plántula y un síndrome de etiolación que debilita los tallos (Weston y Zandstra, 1986; Nesmith y Duval, 1998), mientras que el espacio limitado para el crecimiento de la raíz causa dificultades en su respiración, absorción de nutrientes y síntesis de citocininas, todo lo cual afecta el crecimiento de la parte aérea incluyendo la iniciación y formación de las primeras inflorescencias (Leskovar y Stoffella, 1995; Uchigasaki *et al.*, 2003)

En jitomate el crecimiento es fuertemente afectado por las restricciones en el desarrollo de las raíces (relación fuente demanda de los órganos en crecimiento), por lo tanto el peso de las hojas, tallo y biomasa total que sufren una reducción en los contenedores más pequeños, con cambios morfológicos de las plántulas y alteraciones en las proporciones de materia seca acumulada de la raíz y la parte aérea (Singh *et al.*, 2007).



Algunos autores consideran que se puede incrementar el vigor de las plántulas y su número de flores por inflorescencia, aumentando la tasa de producción de fotoasimilados o reduciendo la competencia de los órganos vegetativos que están creciendo en el momento de la iniciación y crecimiento de las mismas (Hurd y Cooper, 1967; Charles Edwards *et al.*, 1986). Al aumentar la intercepción de radiación fotosintéticamente activa por plántula, mediante una disminución de la densidad de población, mejora las condiciones de crecimiento de la raíz en el semillero con un contenedor de más capacidad y se favorece la producción de asimilados y su distribución a favor de la inflorescencia (Ando *et al.*, 2003).

Por otra parte, cuando las hojas están iniciando su crecimiento son demandadoras netas de asimilados, por lo que la eliminación de una o dos hojas jóvenes, al momento de la iniciación floral de una inflorescencia, puede influir en un incremento del número de flores de la misma al dejarle más fotoasimilados disponibles (Abdul y Harris, 1978).

El presente experimento tuvo por objetivo estudiar los efectos de dos condiciones de crecimiento en semillero (definidas por el tamaño de contenedor y la densidad de población) y la poda de una hoja al inicio de su crecimiento en etapa de plántula sobre caracteres indicadores de vigor y calidad de plántula al momento del trasplante (altura de planta, diámetro de tallo, área foliar y peso seco), el número de flores en las tres primeras inflorescencias y el número de frutos y el rendimiento por unidad de superficie en cuatro cultivares de jitomate tipo bola.



#### 4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se inició en mayo del 2007 y se finalizó con la última cosecha de frutos en octubre del mismo año, a los 161 días después de la siembra (dds). La fase de semillero se estableció en un invernadero de cristal y la fase de producción en un invernadero con estructura metálica y cubierta de polietileno, ambos ubicados en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2251 m.

En la conducción del semillero se utilizó un sistema de enfriamiento por panel evaporativo para mantener una temperatura de 25 a 30 °C y humedad relativa de 65 a 85 %. El sustrato utilizado fue una mezcla de arena de tezontle-perlita-vermiculita en proporción 2-1-1 (v/v/v), perfectamente tamizados y mezclados.

En la etapa de semillero se generaron 24 tratamientos al combinar dos condiciones de crecimiento (restrictiva y no restrictiva), tres niveles de poda de hoja (poda de la tercera hoja, poda de la quinta hoja y testigo sin poda) y cuatro genotipos de jitomate (Pik Ripe 461, Sun Lider, Charleston y Caimán)

La condición de crecimiento denominada no restrictiva (mayor espacio para la raíz y mayor espacio entre plantas) se obtuvo combinando macetas de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad con una densidad de 100 plántulas·m<sup>-2</sup>, y la condición denominada restrictiva (espacio limitado para la raíz y alta densidad de plántulas) se tuvo usando como contenedores charolas de 200 cavidades, cada

una de 25 cm<sup>3</sup> de capacidad a una densidad de 1100 plántulas·m<sup>-2</sup>, condición que normalmente se da en los semilleros comerciales.

Con la finalidad de evaluar el efecto de quitar un órgano demandante de fotoasimilados al momento de la iniciación floral, se manejaron tres tratamientos de poda de hojas. La poda se realizó con un bisturí cortando la cuarta ó la quinta hoja (de acuerdo al tratamiento), cuando el foliolo presentaba 1 cm de longitud (entre los 18 y 23 dds), etapas fenológicas que coinciden con la iniciación de la primera y segunda inflorescencia, respectivamente (Abdul y Harris, 1978); estos tratamientos se compararon contra un testigo sin poda.

A fin de detectar diferencias genéticas, los tratamientos anteriores de condición de crecimiento y poda de hojas se aplicaron sobre dos genotipos tipo bola de crecimiento determinado (Pik Ripe 461 y Sun Lider) y dos de tipo bola con crecimiento indeterminado (Charleston y Caimán).

El experimento en semillero se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos. Los factores estudiados fueron: las condiciones de crecimiento, la poda de hoja y los genotipos. Cada tratamiento consistió de 50 plántulas, utilizando 30 plántulas de bordo y 20 plántulas en competencia completa como la unidad experimental de las cuales 10 fueron utilizadas para el análisis destructivo y las otras 10 plántulas se llevaron al invernadero para evaluar las variables de crecimiento y rendimiento con el mismo diseño experimental.

En las primeras etapas de la emergencia se aplicaron cuatro riegos por día con agua sin fertilizante y cuando aparecieron las primeras hojas

verdaderas se aplicaron dos riegos por día con una solución nutritiva compuesta por las siguientes concentraciones de nutrimentos minerales en mg Litro<sup>-1</sup>: 250 N, 50 P, 250 K, 280 Ca, 50 Mg, 2 Fe, 0.5 Mg, 0.5 B, 0.1 Cu y 0.1 Zn, como lo sugieren Sánchez *et al.* (1991).

El trasplante se realizó a los 37 dds, en un invernadero con cubierta exterior de polietileno y piso cubierto con una tela blanca permeable de polipropileno (*ground cover*). Como sustrato se utilizó arena volcánica (tezontle rojo) con partículas de 1 a 4 mm de diámetro, los contenedores fueron camas revestidas de polietileno de 1.20 m de ancho por 22 m de largo y 45 cm de profundidad. Se utilizó cinta de riego por goteo de polietileno negro con distancia entre goteros de 10 cm con cuatro riegos diarios con la solución nutritiva indicada anteriormente, con un gasto diario de 4 a 5 L m<sup>-2</sup>.

Se manejó una densidad de 7 plantas·m<sup>-2</sup> de área total de invernadero, establecidas en doble hilera con pasillos de 0.50 m de ancho; las plantas se condujeron individualmente con rafia a partir de los 40 dds. El ápice o yema terminal se eliminó dos hojas por arriba de la tercera inflorescencia, para dejar sólo tres racimos por planta, y se eliminaron los brotes laterales para conducirlos a un solo tallo.

Las variables que se evaluaron al momento del trasplante (37 dds), se consideraron como indicadoras del vigor y calidad de las plántulas y fueron las siguientes: altura de plántula, diámetro de tallo, área foliar, volumen de raíz, peso fresco y seco de hoja, tallo y raíz. A los 104 dds se evaluó el número de flores del primer racimo y a los 114 dds el número de flores del segundo y tercer



racimo, así como el número de frutos amarrados de los tres primeros racimos. Los frutos fueron cosechados conforme maduraban en diferentes cortes realizados a los 126, 133, 154, 155 y 161 dds, respectivamente.

La altura de plántula se midió desde la base del tallo hasta el ápice con una regla graduada en milímetros; el diámetro de tallo con un vernier electrónico "*Digimatic Caliper*" (Mitutoyo, Modelo No. CD-6 CS); el área foliar fue medida con un integrador de área foliar LI-3000A (LI-COR, Lincoln, Nebraska); el volumen de raíz se midió por desplazamiento de volumen en agua; el peso seco de hoja, tallo y raíces, se obtuvo colocando los órganos en bolsas de papel por separado y secados por 48 horas en una estufa de flujo continuo a 70 °C hasta peso constante, se midió en gramos.

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ), utilizando para su análisis el programa computacional SAS (SAS, 1990).



## 4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Indicadores del vigor y calidad de las plántulas

En el análisis de varianza se encontró que la interacción Condición de crecimiento con Genotipo resultó altamente significativa para altura de planta (Figura 1a) y área foliar (Figura 1c), y significativa para diámetro de tallo (Figura 1b) y peso seco de tallo (1e); la interacción Condición de crecimiento con Poda de hoja fue altamente significativa para área foliar (Figura 2a), significativa para altura de planta; y la interacción Genotipo con Poda de hoja fue significativa para diámetro de tallo y peso seco de raíz. Para el resto de las interacciones y variables, no fueron significativas (datos no presentados).

El análisis estadístico de comparación de medias realizado a los 37 dds (Cuadro 9) mostró diferencias significativas para todas las variables indicadoras de vigor para el factor condición de crecimiento y para el factor poda de hojas; mientras que para genotipos sólo en el peso seco de hoja y de raíz no se obtuvieron diferencias estadísticas.

La condición de crecimiento no restrictiva, derivada del contenedor con capacidad de  $250\text{ cm}^3$  y  $100\text{ plántulas}\cdot\text{m}^{-2}$ , presentó mayor respuesta en todas las variables indicadoras del vigor y calidad de plántula. El peso seco de los distintos órganos y el total de las plántulas fue alrededor del triple respecto a las plántulas crecidas en la condición restrictiva (contenedor de  $25\text{ cm}^3$  y  $1100\text{ plántulas}\cdot\text{m}^{-2}$ ); el diámetro de tallo, la altura y el área foliar de las plántulas también fueron 24 %, 10 % y 40 % mayores, respectivamente (Cuadro 9).

Este mayor vigor y crecimiento de las plántulas en la condición de crecimiento no restrictiva puede explicarse en dos sentidos. Por un lado, la menor densidad de plantas permite mayor intercepción de radiación por unidad de superficie y por planta y por tanto mayor tasa de producción de fotoasimilados (Charles-Edwards et al., 1986). Por el otro, el mayor espaciamiento para el crecimiento de la raíz, permite a la plántula mayor disponibilidad de agua y nutrientes al explorar más volumen de sustrato, formando más ápices radicales que pueden aportar mayor cantidad de citocininas para estimular la diferenciación floral (Atherton y Harris, 1986).

Según Walter *et al.* (2005), la acumulación de materia seca es menor en plántulas crecidas en contenedores pequeños por la alta densidad de población que agudiza la competencia por radiación. De acuerdo con Leskovar y Stoffella (1995), el uso de contenedores con cavidades de poco volumen, pueden generar una respuesta negativa en el vigor y la calidad de las plántulas, efecto que aumenta a medida que se retrasa el trasplante al permanecer más tiempo en semillero. También Uchigasaki *et al.* (2003) señalan que los contenedores con volúmenes restringidos propician daños a las raíces, demeritando la calidad de las plántulas. En todas las variables indicadoras de vigor y calidad de plántula, el testigo fue superior respecto a las plántulas con poda de la cuarta hoja verdadera, excepto en diámetro de tallo donde el testigo superó a las plántulas podadas en la quinta hoja verdadera (Cuadro 9). El peso seco de los distintos órganos (hoja, tallo, raíces) y el total también fueron mayores en el testigo sin poda, respecto a la poda de la cuarta hoja. Estos resultados, no concuerdan

con Abdul y Harris (1978) quienes encontraron que las podas tempranas mejoran el vigor y la calidad de las plántulas. Es probable que una hoja en crecimiento se convierta en fuente en poco tiempo, por lo que su eliminación temprana puede afectar negativamente el crecimiento posterior.

Entre genotipos, Caimán, de crecimiento indeterminado, presentó mayor vigor que Sun Lider de crecimiento determinado en diámetro de tallo, altura de plántula, área foliar, peso seco de tallo y total (Cuadro 9). Entonces, el mayor peso seco total de Caimán respecto a Sun Lider, fue debido primordialmente a diferencias en el peso seco de tallo, ya que el peso seco de las hojas y raíces fue estadísticamente igual entre los cultivares. En altura de plántula Caimán y Charleston también fueron mayores que Sun Lider.

En general, en uno de los genotipos indeterminados (Caimán) en comparación con los determinados, fue que se presentó mayor vigor y precocidad en formación de las primeras inflorescencias, lo que puede atribuirse a que las plántulas de jitomate determinadas por factores genéticos, que según Vriesenga y Honma (1974) y la interacción con los factores ambientales promueven la diferenciación de las inflorescencias a diferente velocidad entre genotipos determinados e indeterminados, donde estos últimos deben formar más hojas entre racimos subsecuentes, y por tanto la aparición de las primeras inflorescencias es más tardía (Atherton y Harris, 1986).

La iniciación floral, así como el número de flores por inflorescencia, en parte está definida genéticamente (Vriesenga y Honma, 1974)



CUADRO 9. Comparación de medias para distintas variables indicadoras del vigor y calidad de plántulas de jitomate por efecto de condición de crecimiento, genotipo y momento de poda de hojas (cuarta o quinta hoja verdadera) a los 37 días después de la siembra.

| Tratamiento                                | Diámetro<br>de tallo<br>(mm) | Altura de<br>planta<br>(cm) | Área<br>Foliar<br>(cm <sup>2</sup> ) | Peso seco ( g·plántula <sup>-1</sup> ) |        |         |        |
|--------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------|---------|--------|
|                                            |                              |                             |                                      | Hoja                                   | Tallo  | Raíz    | Total  |
| Condición de crecimiento                   |                              |                             |                                      |                                        |        |         |        |
| 25 cm3 y 1100<br>plántulas·m <sup>-2</sup> | 3.93b <sup>z</sup>           | 36.58b                      | 117.04b                              | 0.31b                                  | 0.27b  | 0.05b   | 0.64b  |
| 250 cm3 y 100<br>plántulas·m <sup>-2</sup> | 5.20a                        | 42.18a                      | 293.83a                              | 0.95a                                  | 0.66a  | 0.16a   | 1.79a  |
| DMS                                        | 0.12                         | 1.22                        | 12.33                                | 0.05                                   | 0.03   | 0.01    | 0.09   |
| Poda                                       |                              |                             |                                      |                                        |        |         |        |
| 4ta. hoja                                  | 4.53ab                       | 37.00c                      | 187.31b                              | 0.58b                                  | 0.42b  | 0.101b  | 1.11b  |
| 5ta. hoja                                  | 4.49b                        | 39.62b                      | 198.84b                              | 0.63ab                                 | 0.46b  | 0.106ab | 1.20ab |
| Testigo                                    | 4.67a                        | 41.54a                      | 230.15a                              | 0.69a                                  | 0.52a  | 0.123a  | 1.34a  |
| DMSH                                       | 0.17                         | 1.80                        | 18.13                                | 0.08                                   | 0.05   | 0.0182  | 0.14   |
| Genotipos                                  |                              |                             |                                      |                                        |        |         |        |
| Pik Ripe 461                               | 4.56b                        | 39.83ab                     | 194.54b                              | 0.63a                                  | 0.49a  | 0.11a   | 1.23ab |
| Sun Lider                                  | 4.41b                        | 36.65b                      | 190.53b                              | 0.58a                                  | 0.40b  | 0.10a   | 1.09b  |
| Charleston                                 | 4.49b                        | 41.71a                      | 205.17b                              | 0.66a                                  | 0.46ab | 0.10a   | 1.23ab |
| Caimán                                     | 4.80a                        | 41.85a                      | 231.50a                              | 0.65a                                  | 0.53a  | 0.12a   | 1.31a  |
| DMSH                                       | 0.22                         | 2.29                        | 23.01                                | 0.10                                   | 0.07   | 0.02    | 0.18   |
| CV (%)                                     | 6.53                         | 7.65                        | 14.74                                | 21.89                                  | 19.58  | 27.61   | 20.00  |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta. CV= coeficiente de variación.



### **Número de flores y frutos por racimo.**

La interacción Condición de crecimiento con Genotipo fue significativa para el número de flores de la primera inflorescencia (Figura 1d), donde Caimán tendió a producir más flores que los otros cultivares (Datos no presentados). Así también fueron significativas la interacción Condición de crecimiento con Poda para número de flores de la tercer inflorescencia (Figura 2b) y total (Figura 2c).

En la comparación de medias la Condición de crecimiento no afectó el número de flores y frutos en ninguno de los tres primeros racimos considerados (Cuadro 10); sin embargo, las tendencias indicaron que la Condición de crecimiento no restrictivo serian más favorable. La Figura 1d muestra que los Genotipos determinados (Sun Lider y Pik Ripe 461), bajo en la Condición de crecimiento no restrictiva tendieron a producir más flores, mientras que en los cultivares indeterminados (Caiman y Charleston) bajo las mismas condiciones la tendencia fue contraria. Autores como Charles-Edwards *et al.* (1986) y Pereira y Martínez (1999) encontraron que cuando no hay restricciones para el crecimiento de la plántula se pueden producir más flores por inflorescencia; pero de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, parece que esto puede ser cierto para Genotipos determinados.

Entre los niveles de poda se encontró un menor número de flores del segundo racimo para la poda de la cuarta hoja, lo cual difirió estadísticamente de los otros dos tratamientos (Cuadro 10). Estos resultados difieren con Abdul y Harris (1978), quienes encontraron que la poda de hojas en semillero, ayuda a incrementar la disponibilidad de fotoasimilados en la inflorescencia que se está

iniciando y estimular el crecimiento de más primordios florales posteriores. Incluso, se observa que la poda de la quinta hoja afectó negativamente el número de frutos del tercer racimo (Cuadro 10).

Respecto a los Genotipos, el número de flores en la primer inflorescencia y frutos del primer racimo en el Genotipo de crecimiento determinado Sun Lider fue mayor al de los de crecimiento indeterminado Caimán y Charleston, pero en la tercera inflorescencia ocurrió lo contrario en el número de flores, donde Caimán superó a Pik Ripe 461. Estas diferencias no se explican por los tratamientos sino por las diferencias genéticas entre cultivares. En el número de flores totales por planta Sun Lider fue superior a Pik Ripe 461 y Charleston; sin embargo, no se reflejó en mayor número de frutos totales, donde Sun Lider superó a Pik Ripe 461 (Cuadro 10). Este comportamiento se atribuye a que no todas las flores formadas y diferenciadas en plántulas, llegan posteriormente hasta la antesis y formación de frutos, pudiendo ser afectados por factores relacionados con hormonas o aspectos ambientales (Uchigasaki *et al.*, 2003).

CUADRO 10. Influencia Condición de crecimiento, Genotipo y momento de poda (tercera o quinta hoja verdadera) en jitomate con respecto al número de flores por inflorescencia y frutos por racimo a los 37 días después de la siembra (dds).

| Tratamiento                                           | Número de flores<br>por inflorescencia |         |         |         | Número de frutos<br>por racimo |         |         |         |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|
|                                                       | Primera                                | Segunda | Tercera | Total   | Primero                        | Segundo | Tercero | Total   |
| <b>Condición de crecimiento</b>                       |                                        |         |         |         |                                |         |         |         |
| 25 cm <sup>3</sup> y 1100<br>plántulas·m <sup>2</sup> | 5.86a <sup>z</sup>                     | 6.46a   | 6.80a   | 19.14a  | 5.51a                          | 6.01a   | 6.23a   | 17.76a  |
| 250 cm <sup>3</sup> y 100<br>plántulas·m <sup>2</sup> | 6.05a                                  | 6.65a   | 6.76a   | 19.47a  | 5.64a                          | 6.34a   | 6.49a   | 18.47a  |
| DMSH                                                  | 0.38                                   | 0.31    | 34.71   | 0.55    | 0.35                           | 0.39    | 0.32    | 0.74    |
| <b>Poda</b>                                           |                                        |         |         |         |                                |         |         |         |
| 4ta. hoja                                             | 5.91a                                  | 6.21b   | 6.82a   | 18.95a  | 5.35a                          | 6.10a   | 6.66a   | 18.30a  |
| 5ta. hoja                                             | 5.99a                                  | 6.76a   | 6.75a   | 19.51a  | 5.56a                          | 6.23a   | 6.03b   | 17.84a  |
| Testigo                                               | 5.98a                                  | 6.70a   | 6.77a   | 19.46a  | 5.63a                          | 6.18a   | 6.40ab  | 18.21a  |
| DMSH                                                  | 0.57                                   | 0.46    | 0.51    | 0.82    | 0.52                           | 0.58    | 0.48    | 1.09    |
| <b>Genotipo</b>                                       |                                        |         |         |         |                                |         |         |         |
| Pik Ripe 461                                          | 6.05ab                                 | 6.33a   | 6.25b   | 18.63b  | 5.35b                          | 5.84a   | 5.93a   | 17.12b  |
| Sun Lider                                             | 6.63a                                  | 6.80a   | 6.77ab  | 20.21a  | 6.15a                          | 6.05a   | 6.52a   | 18.73a  |
| Charleston                                            | 5.64b                                  | 6.53a   | 6.82ab  | 19.00b  | 5.45b                          | 6.23a   | 6.50a   | 18.19ab |
| Caimán                                                | 5.52b                                  | 6.56a   | 7.29a   | 19.38ab | 5.35b                          | 6.57a   | 6.50a   | 18.43ab |
| DMSH                                                  | 0.72                                   | 0.58    | 0.64    | 1.04    | 0.66                           | 0.74    | 0.61    | 1.38    |
| CV (%)                                                | 15.96                                  | 11.75   | 12.55   | 7.09    | 15.06                          | 15.85   | 12.70   | 10.08   |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta. \* CV= coeficiente de variación.



### **Componentes de rendimiento.**

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas entre las interacciones Condición de crecimiento, Poda, Genotipo y sus combinaciones (datos no mostrados).

De acuerdo con el Cuadro 11, hubo diferencias significativas para la Condición de crecimiento y entre Genotipos. Donde en la Condición de crecimiento, el manejo de condiciones no restrictivas en semillero incrementó significativamente el rendimiento por unidad de superficie respecto al manejo convencional del semillero en condiciones restrictivas (contenedores de  $25\text{ cm}^3$  y  $1100\text{ plántulas}\cdot\text{m}^{-2}$ ), lo que indica que aumentando el tamaño de contenedor y disminuyendo la densidad de plántulas en semillero se producen plántulas de mayor vigor, que posteriormente pueden incrementar el rendimiento total. Resultados similares han sido reportados por Pereira y Martínez (1999) y por Walter *et al.*, (2005). Para el factor poda no hubo diferencias estadísticas y el Genotipo con mayor peso de fruto y rendimiento por unidad de superficie fue Caiman el que superó en 30.25 gramos por fruto y  $4.12\text{ kg m}^{-2}$  al genotipo Sun Lider, que fue el cultivar con menor peso y rendimiento.

CUADRO 11. Influencia de la Condición de crecimiento, Genotipo y momento de poda (tercera o quinta hoja verdadera) en jitomate con relación al peso medio de fruto por racimo, por fruto y su rendimiento a los 126, 133, 154, 155 y 161 días después de la siembra (dds).

| Tratamiento                                        | Peso promedio de fruto<br>por planta (g) | Rendimiento<br>(kg·m <sup>-2</sup> ) |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Condición de crecimiento</b>                    |                                          |                                      |
| 25 cm <sup>3</sup> y 1100 plántulas·m <sup>2</sup> | 134.53a <sup>z</sup>                     | 12.52b                               |
| 250 cm <sup>3</sup> y 100 plántulas·m <sup>2</sup> | 129.66a                                  | 13.24a                               |
| DMSH                                               | 5.41                                     | 0.67                                 |
| <b>Poda</b>                                        |                                          |                                      |
| 4ta. hoja                                          | 133.10a                                  | 13.08a                               |
| 5ta. hoja                                          | 131.23a                                  | 12.65a                               |
| Testigo                                            | 131.94a                                  | 12.92a                               |
| DMSH                                               | 7.96                                     | 0.99                                 |
| <b>Genotipos</b>                                   |                                          |                                      |
| Pik Ripe 461                                       | 135.25b                                  | 12.20c                               |
| Sun Lider                                          | 115.12c                                  | 10.81d                               |
| Charleston                                         | 132.64b                                  | 13.58b                               |
| Caimán                                             | 145.37a                                  | 14.93a                               |
| DMSH                                               | 10.10                                    | 1.26                                 |
| CV (%)                                             | 10.06                                    | 12.91                                |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. DMSH= Diferencia mínima significativa honesta. CV= coeficiente de variación.

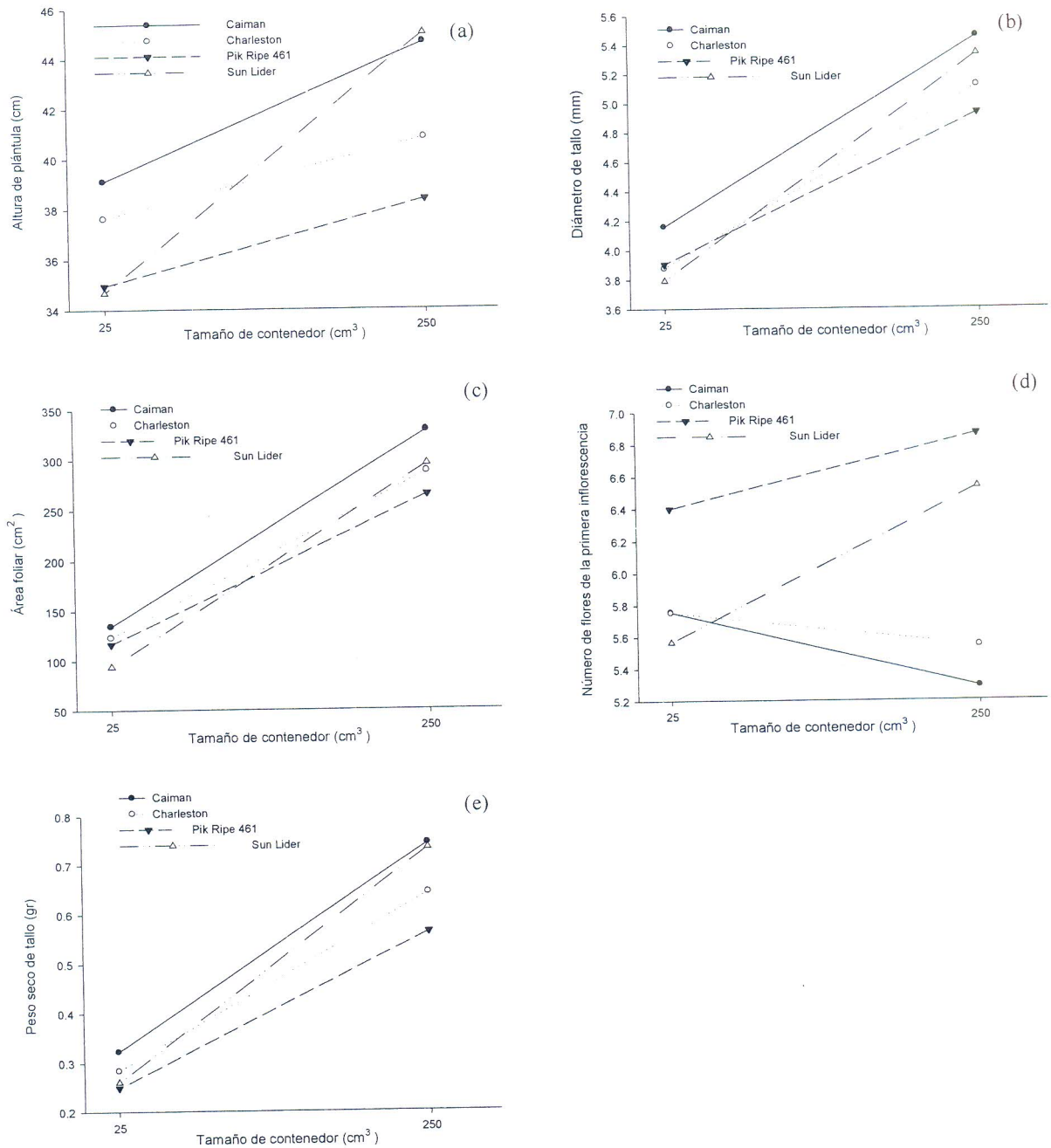


FIGURA 1. Medias de las interacciones Condición de crecimiento (25 cm³ con 1200 plántulas·m⁻² y 250 cm³ con 100 plántulas·m⁻²) por Genotipo Pik Ripe 461, Sun Líder, Chaleston y Caimán, para a) Altura de plántula, b) Diámetro de tallo, c) Área foliar, d) Número de frutos de la primera y e) Peso de seco de tallo.



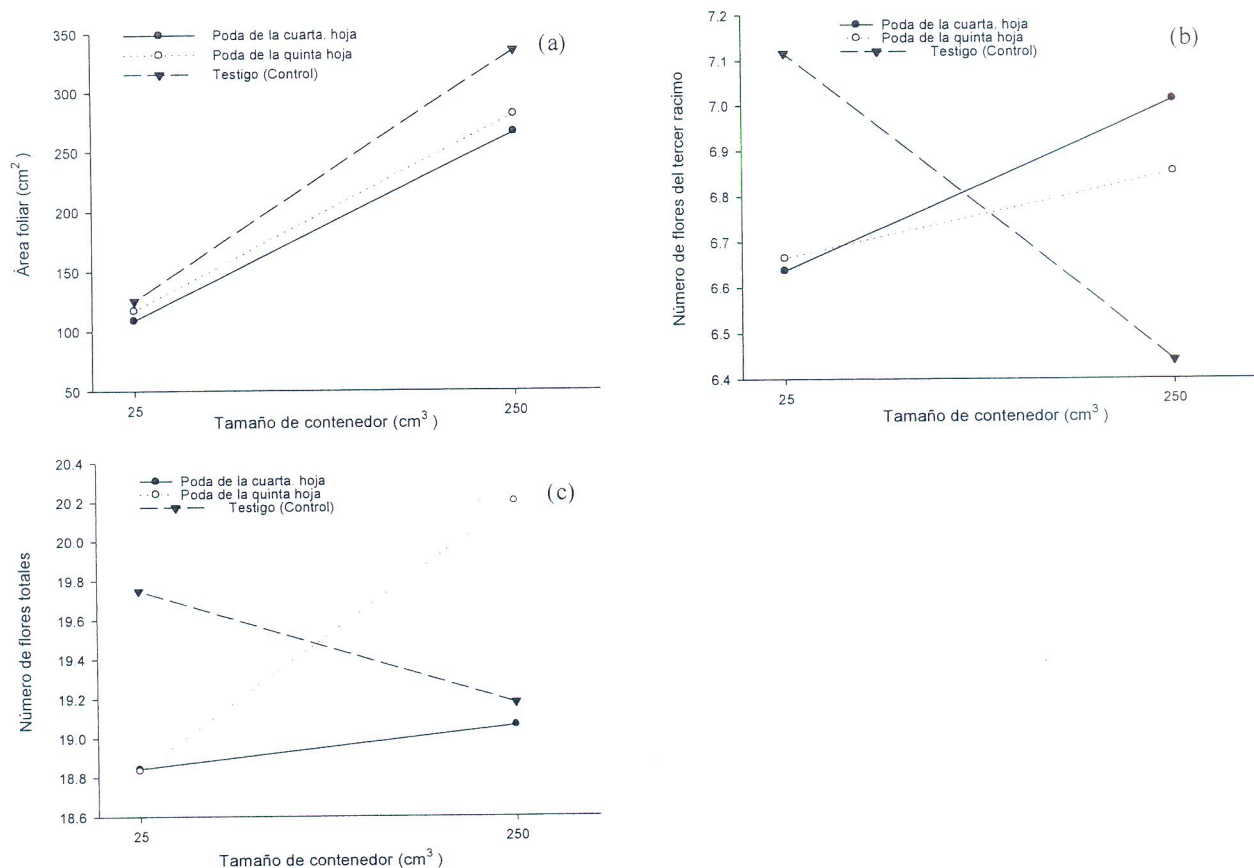


FIGURA 2. Medias de las interacciones Condición de crecimiento (25 cm³ con 1200 plántulas·m⁻² y 250 cm³ con 100 plántulas·m⁻²) por Poda de la cuarta, quinta hoja y testigo sin poda, para a) Área foliar, b) Número de flores del tercer racimo y c) Número de flores totales.

#### 4.6.- CONCLUSIONES

- 1.- La Condición de crecimiento no restrictiva en semillero (capacidad de contenedor de  $250\text{ cm}^3$  y  $100\text{ plántulas}\cdot\text{m}^{-2}$ ) incrementó los indicadores de calidad de plántula y rendimiento, pero no incrementó el número de flores por inflorescencia y frutos por racimo.
- 2.- La Poda de la quinta hoja verdadera en plántulas de jitomate al inicio de su crecimiento, tuvo efecto negativo en la acumulación de materia seca y en otros parámetros de vigor y calidad, mayor que la poda de la cuarta hoja, respecto al testigo sin poda, sin que ambas podas incrementaran el número de flores y frutos en las tres primeras inflorescencias.
- 3.- Entre los Genotipos en general, Caimán tiene mejor respuesta en calidad de plántula y acumulación de materia seca, peso medio de fruto y rendimiento por unidad de superficie, pero Sun Lider tiene mayor número de flores y frutos en el primer racimo, aunque en racimos posteriores la tendencia fue distinta y no se manifestó en el rendimiento.

**5. REGULADORES DE CRECIMIENTO EN  
PLÁNTULAS DE JITOMATE PARA  
INCREMENTAR EL NÚMERO DE FLORES**

## 5.1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de diferentes concentraciones de Paclobutrazol (25 y 50 mg L<sup>-1</sup>), Uniconazol (25 y 50 mg L<sup>-1</sup>), Cloruro de Clormequat (250 y 500 mg L<sup>-1</sup>) y 6-Bencilaminopurina (3 y 6 mg L<sup>-1</sup>) en aplicación foliar en distintos momentos (tercera y quinta hoja después de las hojas cotiledonares) con una y dos aplicaciones en plántulas, sobre el número de flores de las tres primeras inflorescencias de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv Charleston de crecimiento indeterminado tipo bola y el testigo sin aplicación. Las variables se relacionaron con vigor y calidad de plántula, número de flores, peso de fruto y rendimiento de las tres primeras inflorescencias. El experimento se realizó bajo invernadero, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los retardadores de crecimiento Paclobutrazol, Uniconazol y Clormequat aplicados solos o combinados con 6-bencilaminopurina en concentraciones sencillas, dobles y aplicados en la tercera ó quinta hoja verdadera reducen la altura de las plántulas, incrementando el número de flores del primer racimo, no así para racimo posteriores. La respuesta es mayor en número de flores con Paclobutrazol y Uniconazol que con Clormequat y 6-bencilaminopurina. Las combinaciones de retardador con la 6-bencilaminopurina afectan el número de flores por racimo, pero no incrementan el rendimiento de los tres primeros racimos respecto al testigo.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* Mill, floración, Paclobutrazol, Uniconazol, Cloruro de Clormequat, 6-Bencilaminopurina.



## 5.2. ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the effect of different concentrations of Paclobutrazole (25 and 50 mg Litro<sup>-1</sup>), Uniconazole (25 and 50 mg Litro<sup>-1</sup>), Chlormequat Chloride (250 and 500 mg Litro<sup>-1</sup>) and 6 - Bencilaminopurine (3 and 6 mg Litro<sup>-1</sup>) in foliar application at different times (the third and fifth leaf after cotyledon leaves) with one and two applications on the number of flowers of the first three inflorescences of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cv Charleston growth undetermined type ball and control without application. The study the effect was of the growth regulators at varying vigor and quality of seedling, number of flowers, fruit weight and performance of the first three inflorescences. The experiment was conducted under greenhouse design in a randomized complete block with four replications. The growth retardants Paclobutrazole, Uniconazole and Chlormequat applied one time or combined with 6-Bencilaminopurine concentrations in single, double and implemented in the third or fifth true leaf reduce the height of the seedlings, increasing the number of the first flowers of clusters, but not for cluster later. The effect is greater in number of flowers with Uniconazol and Paclobutrazol that Chlormequat and 6-Bencilaminopurina. The combinations of retardant with the 6-Bencilaminopurine affects the number of flowers per cluster, but do not increase the yield of the first three clusters with respect to the control.

**Index words:** *Lycopersicon esculentum* Mill, flowering, Paclobutrazol, Uniconazol, Chlormequat Chloride, 6-Bencilaminopurine.

### 5.3. INTRODUCCIÓN

Una posible forma de aumentar la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por unidad de superficie, es promoviendo la formación y crecimiento de más flores y amarre de frutos por racimo, lo que depende de las condiciones ambientales durante el periodo de transición floral (Bernier y Perilleux, 2005), y puede ser influenciado por aplicaciones exógenas de reguladores de crecimiento, que afecten las relaciones fuente-demanda de los órganos en crecimiento en etapas tempranas de las plántulas (Atherton y Harris, 1986; Morris y Newell, 1987), mejorando la uniformidad al trasplante e incrementando la diferenciación de flores en los primeros racimos.

Se ha observado en investigaciones previas (Hickman *et al.*, 1989; Bisht *et al.*, 2007) que las hojas jóvenes de plántulas en desarrollo son fuentes de difusión de sustancias giberelicas, que en la etapa de semillero actúan reduciendo el número de flores formadas en las primeras inflorescencias, bajando los niveles de difusión endógenos de giberelinas en las plantas, se puede promover mayor diferenciación floral en los primeros racimos (Abdul y Harris, 1978); ya sea con la aplicación de ácido abscisico (ABA) o retardadores de crecimiento (triazoles) que inhiben la formación de giberelinas (Hickman *et al.*, 1989; Bisht *et al.*, 2007), disminuyen el área foliar, incrementan la fotosíntesis neta y promoviendo la floración más temprana (Hickman *et al.*, 1989; Bisht *et al.*, 2007), ya sea controlando el crecimiento apical o inhibiendo a las giberelinas (Hickman *et al.*, 1989; Bisht *et al.*, 2007) que son responsables de la elongación celular de brotes y hojas (Barrett y Nell, 1995).

La respuesta de las plántulas de jitomate está en función del tipo de regulador, especie, edad, estado fenológico y método de aplicación (Davis *et al.*, 1988; Fletcher *et al.*, 2000), en particular de las condiciones del tratamiento, incluyendo la concentración y modo de aplicación (Fletcher *et al.*, 2000).

Una práctica poco difundida en jitomate, es el control del crecimiento de las plántulas en semillero con la aplicación de retardadores de crecimiento como el paclobutrazol, uniconazol ó clormequat (Hickman *et al.*, 1989). Al respecto Abdul y Harris (1978) encontraron que el número de flores en la primera inflorescencia de las plántulas de jitomate se incrementa con la aplicación de triazoles (Davis *et al.*, 1988).

Con aplicación foliar de paclobutrazol en plántulas de jitomate (Souza-Machado *et al.*, 1999), se mejoró el vigor y disminuyó el estrés a trasplantes realizados desde los 18 a los 42 días después de la siembra (dds). Aplicado a las semillas Pasian y Bennett (2001) y Still y Pill (2004) encontraron que en las plántulas evaluadas a las 6 semanas se redujo en 43 % el peso seco total, 9 % el diámetro de tallo y aumento 6 % la materia seca en comparación con aquellas que no fueron tratadas; además se incrementó en 13 % en rendimiento. Según Giovinnazzo *et al.* (2001), con aplicaciones al suelo de paclobutrazol se redujo el tamaño de plántula hasta 45 %, y se incrementó el diámetro de tallo y rendimiento de frutos en 9 y 13 %, respectivamente. También se ha observado que en dosis de 100, 150 ó 200 mg L<sup>-1</sup> se reduce el crecimiento de plantas de jitomate, mientras que con 250, 300 ó 350 mg L<sup>-1</sup> lo aumenta (Partida *et al.*, 2005).



El uniconazol es otro de los triazoles que en dosis de 1 a 50 mg Litro<sup>-1</sup> retarda el crecimiento (Barrett, 1994), disminuye la altura e incrementa el diámetro de tallo, área foliar y peso seco de raíz (Jing *et al.*, 2004). Se considera que se requiere de cuatro a diez veces menos uniconazol para conseguir la misma reducción del tamaño que cuando se usa paclobutrazol (Barrett and Nell, 1995). Los tratamientos con uniconazol (1.0 mg Litro<sup>-1</sup>), aplicados a semillas de jitomate promueven resistencia al estrés al trasplante en campo y retrasan la senescencia en plántulas en semillero (Jing *et al.*, (2004). Así también, Hickman *et al.* (1989) encontraron que en jitomate cv Royal Flush con aspersiones de uniconazol (0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 y 5.0 mg Litro<sup>-1</sup>) en semillero, encontraron que todos los tratamientos redujeron el crecimiento, pero no hubo diferencias significativas en el rendimiento, maduración en cosecha y tamaño de fruto con respecto al testigo.

Las aplicaciones de cycocel (clormequat) y B-9 a los 25 o 45 días después de la emergencia en concentraciones e 250, 500 y 1000 mg·Litro<sup>-1</sup> en plántulas de jitomate cultivar Floradade López *et al.* (2002) encontraron que ambos productos reducen el peso seco de planta a los 60 días después de la siembra, pero ningún tratamiento afectó el tamaño de fruto o el rendimiento con relación al testigo.

Las citocininas pertenecen a las hormonas vegetales, son sintetizadas en los ápices de las raíces (Zavaleta-Macera *et al.*, 1999), transportadas a toda la planta influyendo en una gran variedad de eventos fisiológicos (Mikiashevichs y Walden, 1997); y aunadas a las auxinas, son responsables de los primeros



eventos de la morfogénesis de las células meristemáticas en el proceso de inducción, iniciación y diferenciación floral; etapas que son caracterizadas por un incremento en el contenido de citocinina en comparación con ápices de transición prefloral (Dewitte *et al.*, 1999; Nester y Zeevaart, 1988).

Según Ho (1984) en la etapa iniciación de la inflorescencia del jitomate tiene una reducción en el nivel endógeno de citocinina y el grado de aborto de flores se incrementa. El número de flores del primer racimo en jitomate, va acompañado de un decremento en la actividad de la citocinina, y su aplicación en semillero puede aumentar el número de flores (Fletcher y Arnold, 1986).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de diferentes concentraciones de retardadores del crecimiento y una citocinina, en aplicaciones foliares en estado de plántulas de jitomate, sobre variables morfológicas con relación al número de flores de las tres primeras tres inflorescencias, así como del número de frutos y rendimiento. Con la hipótesis de que los retardadores de crecimiento mejoraran la disponibilidad de fotoasimilados para las inflorescencias reduciendo el crecimiento e incrementando la diferenciación floral con la citocinina, promoviendo más flores en las tres primeras inflorescencias.

#### 5.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se inició 19 de mayo del 2007 con el establecimiento del semillero y finalizó con la última cosecha de frutos a los 154 días después de la siembra (dds). La fase de semillero se estableció en un invernadero de cristal y la de producción en un invernadero con estructura metálica y cubierta de polietileno, ambos ubicados en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2251 m.

Se utilizó el cv. Charleston de jitomate el cual es de crecimiento indeterminado. Los reguladores de crecimiento utilizados fueron Paclobutrazol con 0.4 % de *i.a.* (BONZI<sup>MR</sup>), Uniconazol con 0.055 % de *i.a.* (SUMAGIC<sup>MR</sup>), Clormequat con 11.8 % de *i.a.* (CYCOCEL<sup>MR</sup>) y 6-Bencilaminopurina (BAP) con 0.1 mg Litro<sup>-1</sup> de *i.a.* (Citocinina sintética). La aplicación fue con un atomizador individualmente para cada tratamiento, el cubrimiento de las hojas fue con gotas semejantes al rocío de tamaño uniforme hasta antes del punto de goteo, en las plántulas testigo solo se aplicó agua destilada. Los tratamientos fueron aplicados a todo el follaje, ya sea que fue a los 17 días después de la siembra (dds) cuando la tercera hoja verdadera tenía 1 cm de longitud ó a los 20 dds cuando la quinta hoja verdadera tenía 1 cm de longitud (Cuadro 12). En total se obtuvieron 16 tratamientos, mismos se resumen en el Cuadro 12.

El trasplante se hizo 30 dds, a una densidad de 7 plantas m<sup>-2</sup> en doble hilera con pasillos de 0.50 m de ancho; las plantas se condujeron a tres racimos con eliminación de brotes laterales para que fueran conducidas a un tallo; el

ápice o yema terminal se eliminó dos hojas por arriba del tercer racimo. Las plantas se guiaron individualmente con rafia a partir de los diez días después del trasplante.

CUADRO 12.- Distribución de tratamientos y testigo de acuerdo diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina (6-BAP) en distintos momentos de aplicaciones foliares en plántulas de jitomate cv Charleston.

| REGULADORES DE<br>CRECIMIENTO | Momento y cantidad<br>de producto<br>(ml•Litro <sup>-1</sup> ) |                | REGULADORES DE<br>CRECIMIENTO                 | Momento y cantidad de<br>producto<br>(ml•Litro <sup>-1</sup> ) |                |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|
|                               | 17 dds                                                         | 20 dds         |                                               | 17 dds                                                         | 20 dds         |
| Paclobutrazol                 | 25                                                             | Sin aplicación | Paclobutrazol                                 | 25                                                             | 25             |
| Uniconazol                    | 25                                                             | Sin aplicación | Uniconazol                                    | 25                                                             | 25             |
| Clormequat                    | 250                                                            | Sin aplicación | Clormequat                                    | 250                                                            | 250            |
| Bencilaminopurina             | 3                                                              | Sin aplicación | Bencilaminopurina                             | 3                                                              | 3              |
| Paclobutrazol                 | 50                                                             | Sin aplicación | Paclobutrazol<br>(25 ml•Litro <sup>-1</sup> ) | Más BAP<br>(3 ml•Litro <sup>-1</sup> )                         | Sin aplicación |
| Uniconazol                    | 50                                                             | Sin aplicación | Uniconazol<br>(25 ml•Litro <sup>-1</sup> )    | Más BAP<br>(3 ml•Litro <sup>-1</sup> )                         | Sin aplicación |
| Clormequat                    | 500                                                            | Sin aplicación | Clormequat<br>(25 ml•Litro <sup>-1</sup> )    | Más BAP<br>(3 ml•Litro <sup>-1</sup> )                         | Sin aplicación |
| Bencilaminopurina             | 6                                                              | Sin aplicación | Testigo                                       | Sin aplicación                                                 | Sin aplicación |

BAP= 6 – Bencilaminopurina; dds= Días después de la siembra.

Las variables fueron altura de plántula considerada desde la base del tallo hasta el ápice medido con una regla graduada en milímetros; el diámetro de tallo utilizando un vernier electrónico “Digimatic Caliper” (Mitutoyo, Modelo No. CD-6 CS); área foliar medida con un integrador de área foliar LI-3000A (LI-COR, Lincon, Nebraska); peso seco de hoja, tallo y raíces, órganos que fueron colocados en bolsas de papel por separado y secados por 48 horas en una estufa de flujo continuo a 70 °C, hasta peso seco constante. La primera



evaluación de las variables fue de altura de plántula, diámetro de tallo y área foliar a los 30 dds, y para peso fresco de hoja, tallo y raíz la medición se realizó a los 32 dds. Posteriormente a los 37 dds se midió peso seco de hoja, tallo y raíz. El número de flores del primer racimo se efectuó a los 67 dds y a los 77 dds el número de flores del segundo y tercer racimo. Por último, los frutos se fueron cosechando y pesando de acuerdo a la coloración completa del fruto en cortes subsecuentes a los 105, 112, 126, 133, 141 y 154 dds. Se calculó también el peso promedio de fruto por racimo, número y peso de frutos por unidad de superficie.

En la conducción del semillero se utilizó un sistema de enfriamiento por panel evaporativo para mantener una temperatura de 25 - 30 °C y humedad relativa de 65 – 85 %. El sustrato utilizado fue una mezcla de arena de tezontle-perlita-vermiculita en proporción 2-1-1 (v/v/v), perfectamente tamizados y mezclados. Los contenedores utilizados fueron macetas de polietileno (250 cm<sup>3</sup>) bicolor (verde-negro), con densidad para todos los tratamientos de 100 plántulas·m<sup>-2</sup>.

Durante la emergencia se aplicaron cuatro riegos por día con agua sin fertilizante y cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas se aplicaron dos riegos por día con una solución nutritiva compuesta por las siguientes concentraciones de nutrimentos minerales en mg Litro<sup>-1</sup>: 250 N, 50 P, 250 K, 280 Ca, 50 Mg, 2 Fe, 0.5 Mg, 0.5 B, 0.1 Cu y 0.1 Zn, como lo sugieren Sánchez *et al.*, (1991).



El desarrollo del cultivo a partir del trasplante fue en un invernadero con cubierta exterior de polietileno. Como sustrato se utilizó arena volcánica (tezontle rojo) con partículas de 1 a 4 mm de diámetro. Los contenedores fueron camas revestidas de polietileno de 1.10 m de ancho por 22 m de largo y 30 cm de profundidad con densidad de 7 plantas·m<sup>-2</sup>. Se utilizó cinta de riego por goteo de polietileno negro marca T-Tape modelo TSX-508-20-500 de 0.20 mm de espesor, con distancia entre goteros de 10 cm, en sistema hidropónico abierto con cuatro riegos diarios de 15 minutos con la solución nutritiva indicada anteriormente.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento consistió de 50 plántulas, utilizando 30 plántulas de bordo y 20 plántulas en competencia completa como la unidad experimental, de las cuales 10 se utilizaron para análisis destructivo y mediciones en semillero. Las otras 10 plántulas fueron llevadas al invernadero para evaluar el crecimiento, desarrollo, número de flores y frutos por inflorescencia y variables relacionadas con la producción comercial. Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ), utilizando para su análisis el programa computacional SAS (SAS, 1990).

## 5.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables morfológicas

La aplicación foliar de los retardadores de crecimiento (Paclobutrazol, Uniconazol y Cloruro de Cloromequat) y la 6-Bencilaminopurina (BAP) a los 30 días después de la siembra (dds), en una ó dos dosis a la tercera hoja verdadera es estadísticamente similar el diámetro de tallo entre las plántulas de jitomate del cv. Charleston. Aunque la aplicación foliar de Uniconazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja verdadera fue más efectiva en reducir el diámetro de tallo en 0.79 mm, con respecto al testigo sin aplicación. Resultados similares obtuvo Barrett (1994) en crecimiento por reducción de la elongación celular, pero contrarios con Jing *et al.* (2004) quienes observaron incrementos en el diámetro de tallo, área foliar y peso seco de raíz (Cuadro 13).

En altura de plántula la 6-BAP en una y dos aplicaciones tiene efectos estadísticamente similares al testigo con la mayor altura, pero en combinación con cualquiera de los retardadores se pierde el efecto de promoción del crecimiento de este compuesto (Fletcher *et al.*, 2000; Partida *et al.*, 2007), de tal forma que la aplicación de Uniconazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja verdadera disminuye la altura en 15.51 cm respecto al testigo, a los 30 días después de la siembra (dds). Aunque una aplicación simple o doble de Uniconazol (25 y 50  $\text{ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) o Paclobutrazol (25 y 50  $\text{ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera no generó el mismo efecto. Sin embargo, se considera que se requiere de cuatro a diez veces menos Uniconazol para conseguir la misma reducción del tamaño que cuando se usa paclobutrazol (Barrett y Nell, 1995).

El área foliar fue estadísticamente similar con la mayoría de los retardadores de crecimiento y la 6-bencilaminopurina en comparación con el testigo, pero inferior a la doble aplicación de Uniconcazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) que la redujo en  $115.19 \text{ cm}^2$ , respecto al testigo. Barrett (1994) encontró que el uniconazol en dosis de 1 a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  retardan el crecimiento, disminuyendo la altura y área foliar (Jing *et al.*, 2004).

### **Peso seco de plántulas**

El peso seco de hojas de plántulas con doble aplicación de Uniconcazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) y de Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) combinada con 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en una aplicación, se disminuyó en 1.16 y  $0.11 \text{ g plántula}^{-1}$ , respectivamente en comparación con el testigo. La materia seca del tallo a los 30 dds fue mayor con las aplicaciones de 6-Bencilaminopurina en la tercera y quinta hoja, pero estadísticamente similar al testigo. La menor acumulación de peso seco del tallo fue con Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en combinación con 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) y Uniconazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en combinación con 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}$ ) en  $0.14$  y  $0.13 \text{ g plántula}^{-1}$ , respectivamente en comparación con el testigo (Cuadro 13). En el peso seco de raíz no hubo diferencias entre tratamientos y el testigo.

La materia seca acumulada total a los 30 dds (Cuadro 13), fue mayor para aplicaciones de 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}$ ) en la tercera hoja, y estadísticamente similar al testigo sin aplicación, pero inferior a las dobles aplicaciones en la tercer y quinta hoja de Uniconcazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) y Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ).



CUADRO 13. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina en variables morfológicas y materia seca por órgano de las plántulas de jitomate cv. Charleston a los 30 días después de la siembra (dds).

| Regulador de crecimiento<br>(ml•Litro <sup>-1</sup> ) | Diámetro de tallo<br>(mm) | Altura de plántula<br>(cm) | Área foliar<br>(cm <sup>2</sup> ) | Peso seco (g plántula <sup>-1</sup> ) |          |       |         |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------|-------|---------|
|                                                       |                           |                            |                                   | Hoja                                  | Tallo    | Raíz  | Total   |
| Paclobutrazol (25)                                    | 4.88abc <sup>z</sup>      | 14.85 de                   | 200.23ab                          | 0.88abc                               | 0.20 cd  | 0.14a | 1.23abc |
| Uniconazol (25)                                       | 4.67abc                   | 14.02 de                   | 168.58ab                          | 0.71abc                               | 0.18 cd  | 0.13a | 1.02 bc |
| Clormequat (250)                                      | 4.60abc                   | 17.16cde                   | 175.22ab                          | 0.72abc                               | 0.18 cd  | 0.13a | 1.03abc |
| Bencilaminopurina (3)                                 | 4.86abc                   | 23.84abc                   | 234.95ab                          | 0.95a                                 | 0.35ab   | 0.15a | 1.45a   |
| Paclobutrazol (50)                                    | 4.89abc                   | 15.51cde                   | 205.91ab                          | 0.86abc                               | 0.23bcd  | 0.14a | 1.24abc |
| Uniconazol (50)                                       | 4.56abc                   | 12.89de                    | 163.10ab                          | 0.70abc                               | 0.16 d   | 0.14a | 1.01 bc |
| Clormequat (500)                                      | 4.69abc                   | 13.41 de                   | 231.20ab                          | 0.82abc                               | 0.19 cd  | 0.16a | 1.19abc |
| Bencilaminopurina (6)                                 | 5.04ab                    | 27.71a                     | 246.33a                           | 0.90ab                                | 0.39a    | 0.12a | 1.42ab  |
| Paclobutrazol (25 + 25)                               | 4.46abc                   | 14.12 de                   | 176.86ab                          | 0.71abc                               | 0.17 cd  | 0.13a | 1.02abc |
| Uniconazol (25 + 25)                                  | 4.30 c                    | 12.20 e                    | 131.14 b                          | 0.62 c                                | 0.17 cd  | 0.12a | 0.91 c  |
| Clormequat (250 + 250)                                | 4.38bc                    | 13.97 de                   | 151.46ab                          | 0.68abc                               | 0.17 cd  | 0.13a | 0.99 c  |
| Bencilaminopurina (3 + 3)                             | 4.94abc                   | 19.58bcd                   | 203.53ab                          | 0.86abc                               | 0.27abcd | 0.15a | 1.30abc |
| Paclobutrazol (25) + BAP (3)                          | 4.43abc                   | 13.41 de                   | 149.61ab                          | 0.68abc                               | 0.16 d   | 0.12a | 0.97 c  |
| Uniconazol (25) + BAP (3)                             | 4.45abc                   | 12.92 de                   | 146.71ab                          | 0.70abc                               | 0.17 d   | 0.12a | 1.00 bc |
| Clormequat (250) + BAP (3)                            | 4.40abc                   | 14.17 de                   | 160.16ab                          | 0.67 bc                               | 0.18 cd  | 0.11a | 0.98 c  |
| Testigo (Sin aplicación)                              | 5.09a                     | 24.82ab                    | 202.26ab                          | 0.78abc                               | 0.30abc  | 0.11a | 1.20abc |
| Significancia                                         | **                        | **                         | *                                 | **                                    | **       | *     | **      |
| C.V.                                                  | 5.94                      | 16.53                      | 23.60                             | 13.87                                 | 23.27    | 16.43 | 14.83   |
| DMSH                                                  | 0.712                     | 7.015                      | 111.46                            | 0.274                                 | 0.132    | 0.06  | 0.428   |

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05; Significancia: \*Altamente Significativa a p = 0.01, \*Significativa a p = 0.5, NS = No significativa. C.V.= Coeficiente de Variación; DMS= Diferencia mínima significativa honesta. BAP= 6-Bencilaminopurina.

Las combinaciones de Paclobutrazol (25 ml•Litro<sup>-1</sup>) en combinación con 6-Bencilaminopurina (3 ml•Litro<sup>-1</sup>) y clormequat (250 ml•Litro<sup>-1</sup>) en combinación con 6-Bencilaminopurina (3 ml•Litro<sup>-1</sup>) (Cuadro 13). En general, aunque los reguladores de crecimiento no tienen efectos sobre la acumulación de materia



seca de la raíz, sus efectos son tan marcados en el área foliar que se refleja en la acumulación de materia seco total. Aunque según resultados de Jing *et al*, (2004) al disminuir la altura se incrementa el diámetro de tallo, área foliar y peso seco de raíz (Cuadro 13).

### **Número de flores por inflorescencia**

El Clormequat ( $250 + 250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado tanto en la tercera como en la quinta hoja y el Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en combinación con 6-Bencilaminopuirna ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) afectaron reduciendo el número de flores del primer racimo en 0.67 y 0.43 flores, respecto al testigo. En cambio el Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado en la tercera y quinta hoja incremento en 0.99 flores del primer racimo. Sin embargo, este comportamiento no se reflejo posteriormente, donde con el Uniconazol ( $25 + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) fue significativamente menor el número de frutos del primer racimo respecto a la aplicación de  $6 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$  (6-Bencilaminopurina), pero similar al testigo que no tubo aplicación (Cuadro 14). Aunque Atherton y Harris (1986); Morris y Newell (1987) y Russell y Morris (1982) sugieren que aplicaciones exógenas de reguladores de crecimiento en etapas tempranas de las plántulas de jitomate favorecen mayor diferenciación floral y afectan las relaciones fuente-demanda de los órganos en crecimiento.

En el segundo racimo el Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en combinación con 6-Bencilaminopuirna ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) obtuvo menos flores (6.77 flores), pero estadísticamente inferior respecto a la aplicación realizada con el Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{L} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja con el mayor

número de flores (7.85 flores), pero estadísticamente similar al testigo. Sin embargo, en número de frutos no hubo diferencias estadísticas (Cuadro 14). Lo cual no concuerda con los resultados de Fletcher y Arnold (1986) quienes sugieren que los retardadores de crecimiento disminuyen la altura de las plantas y aunque estudios posteriores han mostrado que los retardadores de crecimiento no activan a las citocininas; pero si se pueden inducir en las plantas la producción de mas citocininas.

Para la tercera inflorescencia en plantas de jitomate la aplicación de Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja se obtuvo el valor mayor (7.65 flores), y estadísticamente inferior con aplicaciones de Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja, tanto en una aplicación como en combinación con 6-Bencilaminopuirna ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ). Esto no se reflejo en el número de frutos, donde solamente la concentración del Clormequat ( $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) asperjado a la plántula cuando la tercera hoja tenía 1 cm de longitud, afecto significativamente el número de flores del tercer racimo (3.77 flores), siendo estadísticamente inferior al testigo (Cuadro 14).

En general, el total de flores de los tres primeros racimos a los 67 dds fue estadísticamente superior con Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) asperjado en la tercera y quinta hoja con 2.52 flores más respecto al testigo. En cambio, el Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera y quinta hoja, así como Clormequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera en combinación con 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ), obtuvieron los valores más bajos de casi una flor (0.89 y 0.92 flores), en los tres primeros racimos. Sin embargo, esto no se

reflejó en el número de frutos evaluados a los 77 dds (Cuadro 14). Al respecto Abdul y Harris (1978) encontraron que el número de flores en la primera inflorescencia de las plántulas de jitomate se incrementan con la aplicación de triazoles los fueles generan cambio como el incremento del peso seco de hoja por unidad de área (Davis *et al.*, 1988).

### **Número de frutos para los tres primeros racimos**

El número de frutos para el segundo y el total de los racimos no presentaron diferencias estadísticas con aplicaciones foliares de cualquiera de los reguladores de crecimiento analizados. Sin embargo, en el primer racimo la 6-Bencilaminopurina ( $6 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) generó el mayor valor (6.60 frutos), pero fue estadísticamente similar al testigo y a las aplicaciones sencillas y dobles a la tercer hoja verdadera, pero estadísticamente inferior al tratamiento de Uniconazol ( $25 + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado a la quinta hoja que redujo en 0.40 y 1.53 flores menos que la 6-Bencilaminopurina y testigo, respectivamente. Para el tercer racimo se encontró que la 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) obtuvo el mayor número de frutos (5.65 frutos), pero estadísticamente similar al testigo (5.27 frutos). Sin embargo, el Clormequat ( $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado a la tercera hoja redujo en casi dos flores del tercer racimo (1.88 flores), respecto a la 6-Bencilaminopurina (Cuadro 14).



CUADRO 14. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina en el numero de flores por inflorescencia y frutos por racimo en plantas de jitomate cv. Charleston a los 67 y 77 días después de la siembra (dds), respectivamente.

| Regulador de crecimiento<br>(ml·Litro <sup>-1</sup> ) | Número de flores por inflorescencia |        |         |           | Número de frutos por racimo |       |        |        |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|---------|-----------|-----------------------------|-------|--------|--------|
|                                                       | 1er.                                | 2do.   | 3er.    | Total     | 1er.                        | 2do.  | 3er.   | Total  |
| Paclobutrazol (25)                                    | 7.42abc <sup>2</sup>                | 7.54ab | 7.17ab  | 22.15abc  | 6.15abc                     | 5.60a | 5.17a  | 16.92a |
| Uniconazol (25)                                       | 7.87ab                              | 7.22ab | 7.05ab  | 22.15abc  | 6.47ab                      | 5.27a | 5.37a  | 17.12a |
| Clormequat (250)                                      | 7.15abc                             | 6.92ab | 6.57 b  | 20.65 cd  | 5.70abc                     | 4.97a | 4.22ab | 14.90a |
| Bencilaminopurina (3)                                 | 6.82abc                             | 7.05ab | 6.82ab  | 20.69 bcd | 6.00abc                     | 5.52a | 5.65a  | 17.17a |
| Paclobutrazol (50)                                    | 6.85abc                             | 7.15ab | 7.15ab  | 21.15 bcd | 5.30abc                     | 5.77a | 5.35a  | 16.42a |
| Uniconazol (50)                                       | 7.35abc                             | 7.40ab | 7.12ab  | 21.87abc  | 5.60abc                     | 5.85a | 5.15ab | 16.60a |
| Clormequat (500)                                      | 6.92abc                             | 7.10ab | 6.84ab  | 20.86bcd  | 4.85 bc                     | 5.00a | 3.77 b | 13.62a |
| Bencilaminopurina (6)                                 | 6.85abc                             | 7.17ab | 7.07abc | 21.10 bcd | 6.60a                       | 5.55a | 5.27ab | 17.42a |
| Paclobutrazol (25 + 25)                               | 7.99a                               | 7.85a  | 7.60ab  | 23.34a    | 5.92abc                     | 6.20a | 5.07ab | 17.20a |
| Uniconazol (25 + 25)                                  | 7.44abc                             | 7.57ab | 7.65a   | 22.67ab   | 4.67 c                      | 5.72a | 5.25ab | 15.65a |
| Clormequat (250 + 250)                                | 6.33 c                              | 7.00ab | 6.60 b  | 19.93 d   | 4.90abc                     | 4.57a | 4.57ab | 14.05a |
| Bencilaminopurina (3 + 3)                             | 6.77abc                             | 6.97ab | 7.17ab  | 20.92 bcd | 5.87abc                     | 6.05a | 5.27ab | 17.20a |
| Paclobutrazol (25) + BAP (3)                          | 5.57abc                             | 7.50ab | 7.15ab  | 22.23abc  | 5.75abc                     | 5.95a | 5.10ab | 16.80a |
| Uniconazol (25) + BAP(3)                              | 6.95abc                             | 7.02ab | 7.10ab  | 21.07 bcd | 6.32abc                     | 5.07a | 4.90ab | 16.30a |
| Clormequat (250) + BAP (3)                            | 6.57 bc                             | 6.77 b | 6.55 b  | 19.90 d   | 5.40abc                     | 5.30a | 4.65ab | 15.35a |
| Testigo (Sin aplicación)                              | 7.00abc                             | 7.01ab | 6.81ab  | 20.82 bcd | 6.20abc                     | 5.15a | 5.27ab | 16.62a |
| Significancia                                         | **                                  | *      | **      | **        | **                          | NS    | **     | *      |
| C.V.                                                  | 7.59                                | 5.13   | 5.36    | 3.61      | 11.57                       | 16.55 | 11.73  | 9.95   |
| DMSH                                                  | 1.385                               | 0.947  | 0.966   | 1.975     | 1.701                       | 2.322 | 1.505  | 4.136  |

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; Significancia: \*Altamente Significativa a  $p = 0.01$ , \*Significativa a  $p = 0.5$ , NS = No significativa. C.V.= Coeficiente de Variación; DMSH= Diferencia mínima significativa honesta. BAP= 6 – Bencilaminopurina.

### **Variables de rendimiento**

El peso promedio de fruto, entre otros parámetros de rendimiento están en función del genotipo, el ambiente y su interacción, pero el número de frutos por racimo en jitomate depende de la cantidad de fuente o fotoasimilados disponibles, para su crecimiento (Bernier y Perilleux, 2005). Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que no presentaron diferencias estadísticas en el peso medio de fruto del segundo, tercer racimo, así como para el promedio de los tres primeros racimos.

En el primer racimo el mayor peso promedio de fruto se obtuvo con el Cloromequat ( $250 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) con aplicación a la tercera hoja verdadera ( $151.64 \text{ g} \cdot \text{fruto}^{-1}$ ), pero estadísticamente similar a los otros reguladores en aplicaciones dobles y combinados con 6-Bencilaminopurina, sin embargo, estadísticamente inferior cuando se aplicó tanto en la tercera como en la quinta hoja verdadera para el Uniconazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) que obtuvo el valor más bajo ( $119.48 \text{ g} \cdot \text{fruto}^{-1}$ ), seguido del Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) con  $122.67 \text{ g} \cdot \text{fruto}^{-1}$  (Cuadro 15).

Para los racimos sucesivos en el peso medio de fruto no hubo diferencias estadísticas. Aun cuando Hickman *et al.* (1989) encontraron que en jitomate cv Royal Flush con aspersiones de uniconazol en concentraciones de 0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 y  $5.0 \text{ mg} \cdot \text{Litro}^{-1}$  en semillero, observaron que todos los tratamientos redujeron el crecimiento, pero no hubieron diferencias significativas en el rendimiento, maduración en cosecha y tamaño de fruto con respecto al testigo.

En rendimiento por planta el mayor valor se obtuvo aplicando la citocinina 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado en la tercera y quinta hojas verdaderas, con  $2.24 \text{ frutos} \cdot \text{planta}^{-1}$  más que las plántulas asperjadas con el Cloromequat ( $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) en la tercera hoja verdadera, que fue estadísticamente inferior y tan solo  $0.19 \text{ frutos} \cdot \text{planta}^{-1}$  menos el testigo. En forma similar los efectos encontrados para el rendimiento por metro cuadrado con aplicación de la 6-Bencilaminopurina ( $3 + 3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) a la tercera y quinta hoja verdadera superó en  $4.59 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  más que el Cloromequat ( $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) y  $1.28 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$  respecto al testigo (Cuadro 15).



CUADRO 15. Influencia de diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Clormequat y 6-Bencilaminopurina peso medio de fruto para los tres primeros racimos, rendimiento por planta y por metro cuadrado en jitomate cv. Charleston a los 105, 112, 126, 133, 141 y 154 días después de la siembra (dds)<sup>2</sup>

| Regulador de crecimiento     | Peso medio de fruto por racimo (g) |         |         | Peso promedio de fruto (g) | Rendimiento (kg·m <sup>-2</sup> ) |
|------------------------------|------------------------------------|---------|---------|----------------------------|-----------------------------------|
|                              | 1er.                               | 2do.    | 3er.    |                            |                                   |
| Paclobutrazol (25)           | 133.39abcz                         | 117.61a | 125.24a | 125.41a                    | 14.90ab                           |
| Uniconazol (25)              | 141.95abc                          | 115.92a | 131.81a | 129.89a                    | 15.66ab                           |
| Clormequat (250)             | 151.64a                            | 118.05a | 126.05a | 131.91a                    | 13.93ab                           |
| Bencilaminopurina (3)        | 149.41ab                           | 127.85a | 139.04a | 138.76a                    | 16.64ab                           |
| Paclobutrazol (50)           | 140.73abc                          | 126.23a | 138.94a | 135.30a                    | 15.45ab                           |
| Uniconazol (50)              | 132.23abc                          | 116.96a | 133.40a | 127.53a                    | 14.79ab                           |
| Clormequat (500)             | 133.84abc                          | 122.20a | 132.85a | 129.63a                    | 12.23 b                           |
| Bencilaminopurina (6)        | 144.12abc                          | 124.97a | 135.97a | 135.02a                    | 16.52ab                           |
| Paclobutrazol (25 + 25)      | 122.67 bc                          | 126.23a | 145.10a | 131.33a                    | 15.69ab                           |
| Uniconazol (25 + 25)         | 119.48 c                           | 129.66a | 141.90a | 130.34a                    | 14.39ab                           |
| Clormequat (250 + 250)       | 136.88abc                          | 127.27a | 130.71a | 131.62a                    | 12.96ab                           |
| Bencilaminopurina (3 + 3)    | 148.00ab                           | 134.24a | 140.55a | 140.93a                    | 16.94a                            |
| Paclobutrazol (25) + BAP (3) | 130.77abc                          | 111.99a | 127.99a | 123.58a                    | 14.50ab                           |
| Uniconazol (25) + BAP(3)     | 136.37abc                          | 121.77a | 135.18a | 131.11a                    | 15.02ab                           |
| Clormequat (250) + BAP (3)   | 145.21abc                          | 124.11a | 139.72a | 136.35a                    | 14.58ab                           |
| Testigo (Sin aplicación)     | 146.20abc                          | 126.27a | 130.33a | 134.27a                    | 15.66ab                           |
| Significancia                | **                                 | NS      | NS      | NS                         | NS                                |
| C.V                          | 7.59                               | 9.31    | 9.35    | 6.95                       | 11.73                             |
| DMSH                         | 26.916                             | 29.422  | 32.284  | 23.551                     | 4.512                             |

<sup>2</sup>Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05; Significancia: \*Altamente Significativa a p = 0.01, \*Significativa a p = 0.5, NS = No significativa. C.V.= Coeficiente de Variación; DMSH= Diferencia mínima significativa honesta. BAP= 6 – Bencilaminopurina.

## 5.6. CONCLUSIONES

- 1.- La aplicación foliar de las diferentes concentraciones de Paclobutrazol, Uniconazol, Cloruro de Clormequat y 6-Bencilaminopurina reducen el diámetro de tallo, altura, área foliar, peso seco de hojas, tallo y total, pero no afectan el peso seco de la raíz; con mayor inhibición del crecimiento para cuando se realizan dos aplicaciones de Uniconazol con  $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$  en la tercera y  $+ 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$  en la quinta hojas verdaderas.
- 2.- Los retardadores de crecimiento y la 6-Bencilaminopurina afectan el número de flores por inflorescencia, donde con el Paclobutrazol ( $25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 25 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado a la tercera y quinta hojas se obtuvieron los mayores valores para el primer y segundo racimo, y con efectos para el número de frutos del primero y tercer racimo.
- 3.- La aplicación los reguladores de crecimiento afecta al primer racimo, no así el segundo, tercero y peso promedio de fruto en los tres primeros racimos. El rendimiento por planta y por unidad de superficie es mayor con 6-Bencilaminopurina ( $3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1} + 3 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ) aplicado en la tercera y quinta hojas verdaderas, pero similar al testigo y superior a la aplicación de Cloruro de Clormequat ( $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ ).

## **6. DISCUSIÓN GENERAL**



En jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) la inflorescencia se forma en la parte apical del tallo, y la iniciación floral es precedida por el alargamiento y achatamiento del domo en el ápice del eje principal (Hussey, 1963). Sin embargo, el crecimiento de la planta continúa como una sucesión de brotes laterales o crecimiento simpodial (Calvert, 1973).

En el presente trabajo de investigación se plantea que el número de flores por inflorescencias puede variar según el genotipo, pero también puede ser afectado por el ambiente de la parte aérea o por cambios en la relación fuente-demanda (Russel y Morris, 1982; Atherton y Harris, 1986), entonces es posible mediante la manipulación de las condiciones de crecimiento en semillero como las expuestas en el contenido de los capítulos de esta investigación (la densidad de población, volumen de contenedor, niveles de radiación, podas y aplicación foliar de reguladores de crecimiento) propiciar mayor diferenciación de flores por inflorescencia, y por tanto incrementar el número de frutos por planta.

En trabajos previos (Sánchez y Corona, 1994; Ponce, 1995) se ha demostrado que la producción de jitomate en el esquema de alta densidad y despuntes tempranos, se puede incrementar los rendimientos actuales por unidad de superficie respecto al sistema convencional de ciclos largos basados en baja densidad y menor racimos por planta. Con las investigaciones realizadas y expuestas en el presente documento, se intentó demostrar la hipótesis de que con el uso de sistemas de despuntes tempranos y alta densidad puede lograr incrementar aún más el rendimiento por unidad de

superficie, con el incremento del número de flores por inflorescencia y en consecuencia de frutos de los primeros racimos, que pueden ser promovidos mediante modificaciones en las condiciones de crecimiento de las plantas en la etapa de semillero y ser expresados en las primeras inflorescencias y racimos en la etapa de producción.

En la primera investigación expuesta en el Capítulo II y de acuerdo con los objetivos planteados en el primer experimento, se analizó el efecto de cuatro densidades de población en la etapa de semillero (480, 720, 960 y 1200 plántulas·m<sup>-2</sup>) y cuatro tamaños de contenedores de distinta capacidad (25, 75, 125 y 175 cm<sup>3</sup>) definidos por la profundidad, sobre el vigor, crecimiento y desarrollo al número de flores de las tres primeras inflorescencias.

Los resultados obtenidos indicaron que tanto la disminución de la densidad de población como en el aumento del tamaño de contenedor incrementan el vigor de la plántula y el número de flores de las tres primeras inflorescencias. Aun con ligeras variaciones en la respuesta de cada inflorescencia. Esto puede ser atribuido a que en altas densidades el sombreado mutuo provocan la elongación de los tallos, más delgados y de poco vigor; además la limitante de espacio de contenedor disminuye el desarrollo radical al tener menor capacidad para absorber nutrientes y la traslocación de citocininas sintetizadas en los ápices radicales que son transportados a la parte aérea donde intervienen en la diferenciación floral (Ruff *et al.*, 1987), debido al menor volumen de raíz.

Con los resultados encontrados se tienen elementos encaminados a aceptar parte de la primera hipótesis planteada de que a menor densidad de población y mayor volumen de contenedor para plántulas, se tendrá una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa, se producirán más fotoasimilados, y por tanto acumularse mayor cantidad de materia seca por día. La hipótesis no pudo corroborarse en cuanto a que el volumen de contenedor definido por su profundidad tendría más inflorescencias en la producción de materia seca por plántula, ya que en el experimento con distintos volúmenes de contenedor no varió la acumulación de materia seca y a baja densidad se produce mayor tasa de fotoasimilados, esto concordando con varios autores (Cantliffe, 1993; Reghin *et al.*, 2006; Sakurai *et al.*, 2007).

El segundo apartado de la hipótesis se refiere al posible incremento del número de flores en las primeras inflorescencias al disminuir la densidad de plántulas. Se pudo demostrar esto sólo para el total de flores para las tres primeras inflorescencias, porque al analizar por inflorescencia aunque hay tendencias a no alcanzar a haber significancia entre densidades. Cuando a volumen de contenedor solo hay efecto de incrementar en el número de flores en contenedores más grandes para la primera inflorescencia, pero sin respuesta para las inflorescencias sucesivas ni para el rendimiento por unidad de superficie.

En el trabajo de investigación tres, se planteó el objetivo de analizar el efecto de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por las plántulas a partir de niveles de sombreo y del espaciamiento de raíz



proporcionado por diferentes tamaños de contenedores sobre parámetros de crecimiento, vigor de las plántulas y particularmente sobre el número de flores por inflorescencia de los primeros tres racimos de plantas de jitomate.

Los resultados obtenidos al analizar los efectos de niveles de sombreo y tamaño de contenedor en densidad constante en todos los tratamientos en plántulas de jitomate, fue que el no utilizar sombra mejoró las características de los parámetros de calidad de plántula a los 37 dds respecto a las que se encontraban con 75 % de sombreo, y esta condición de radiación limitada afectó negativamente el número de flores de la primera inflorescencia, aunque para flores y frutos de racimos posteriores y parámetros de rendimiento no hubieran efectos significativos entre los niveles de radiación recibidos durante la etapa de semillero.

Las variables morfológicas, área foliar y peso seco por órgano de las plántulas fueron más afectadas en su mayoría por el contenedor con volumen menor ( $25\text{ cm}^3$ ), con respecto a los otros volúmenes, aunque no así para el contenido de clorofila y el volumen de raíces.

En general, la hipótesis de que al combinar una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa por las plántulas, con un mayor espaciamiento para el crecimiento de la raíz se producirán más fotoasimilados y mayor cantidad de materia seca lo que incrementa el vigor y calidad de plántula, se acepta. Sin embargo, no se pudo demostrar el planteamiento de que esta condición de crecimiento de mayor captación de radiación favorezca la formación de más flores en las tres primeras inflorescencias de jitomate.



Continuando con el estudio de las condiciones de crecimiento que pueden influir en el incremento del número de flores de los tres primeros racimos, en la investigación expuesta en el trabajo de investigación cuatro se planteó el objetivo de estudiar los efectos de dos condiciones de crecimiento en semillero; la primera en un ambiente restrictivo (definido por un contenedor de 25 cm<sup>3</sup> y 1100 plántulas·m<sup>-2</sup>) y la segunda con ambiente no restrictivo (definida por un contenedor de 250 cm<sup>3</sup> y 100 plántulas·m<sup>-2</sup>), en cuatro cultivares de jitomate tipo bola (Pik Ripe 461, Sun Lider, Charleston y Caimán), todo ello combinado con los tratamientos de poda en la tercera o quinta hoja verdadera cuando alcanzaban una longitud de 1 cm, y un testigo sin poda. Todo lo anterior, en etapa de plántula sobre caracteres indicadores de vigor y calidad al momento del trasplante, sobre el número de flores, frutos y el rendimiento por unidad de superficie en las tres primeras inflorescencias.

Se encontró que las plántulas mejoran su calidad y vigor (variables morfológicas de diámetro de tallo, altura de plántula, área foliar y peso seco por órgano) en ambiente no restrictivo (trabajo de investigación cuatro), respecto al ambiente restrictivo. Al respecto, Walter *et al.* (2005) indican que la acumulación de materia seca es menor en plántulas crecidas en contenedores pequeños.

Las condiciones de crecimiento no tuvieron efectos para el incremento del número de flores por inflorescencia y peso medio de frutos por racimo, aun cuando el rendimiento por unidad de superficie fue superior en plántulas provenientes del ambiente no restrictivo, respecto a las que provenían del ambiente restrictivo. Cabe señalar que Pereira y Martínez (1999) si encontraran

que cuando no hay restricciones para el crecimiento en semillero se puede producir más flores por inflorescencia.

La poda de la cuarta hoja verdadera en semillero, de acuerdo con los datos mostrados en el trabajo de investigación cuatro, afectaron negativamente a la mayoría de las variables morfológicas, aunque el número de flores solo fue afectado negativamente por la poda de la cuarta hoja en la segunda inflorescencia, sin que se observara esta respuesta para las otras inflorescencias, así como en el número de frutos por racimo y las variables de rendimiento. La poda de la cuarta o quinta hoja verdadera en etapas tempranas de crecimiento en plántulas de jitomate afectó negativamente la relación fuente-demanda y acumulación de materia seca, con respecto al testigo sin poda que obtuvo los valores mayores en materia seca.

Entre los Genotipos, se encontró que al cultivar Caimán indeterminado, en la mayoría de los casos tuvo mayor respuesta en las variables morfológicas, con plántulas de mayor vigor. Aunque en el número de flores Sun Lider de crecimiento determinado tendió a responder con mayor número de flores para la primera inflorescencia y frutos del primer racimo que Charleston y Caimán de crecimiento indeterminado, para la segunda inflorescencia y entre frutos por racimo no ocurrió de esa forma. El Genotipo Pik Ripe 461 de crecimiento determinado obtuvo menor respuesta en el número de flores totales por inflorescencia, frutos totales por racimo y rendimiento por unidad de superficie. El Genotipo Caimán aun cuando no mostro la mayor cantidad de flores y frutos

por racimo, obtuvo el mayor peso promedio de fruto por planta y más rendimiento por unidad de superficie que los otros Genotipos.

El trabajo de investigación cuatro, en el planteamiento de la hipótesis de que las plántulas en condiciones de crecimiento sin restricción para el crecimiento de la raíz y con poda de hojas se encontró que mejoraran los caracteres de vigor y calidad al momento del trasplante; mientras que no hubieron efectos para las dos condiciones de crecimiento con poda de hojas y entre genotipos para el incremento del número de flores de las tres primeras inflorescencias, respecto al testigo.

En el trabajo de investigación cinco, se planteó analizar el efecto de diferentes concentraciones de retardadores del crecimiento y una citocinina, sobre variables indicadoras de vigor de plántula, número de flores de las tres primeras inflorescencias en jitomate, frutos y rendimiento, utilizando diversas concentraciones de reguladores de crecimiento, tales como el Paclobutrazol (25 y 50 mg Litro<sup>-1</sup>), Uniconazol (25 y 50 mg Litro<sup>-1</sup>), Cloruro de Cloromequat (250 y 500 mg Litro<sup>-1</sup>) y 6-Bencilaminopurina (3 y 6 mg Litro<sup>-1</sup>) en distintas concentraciones y en dos momentos de aplicación.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que la aplicación foliar de retardadores de crecimiento en semillero, en aplicación foliar a toda la plántula cuando la cuarta hoja verdadera obtuvo 1 cm de longitud puede ser tan efectiva como la aplicación a la quinta hoja verdadera en la mayoría de las variables relacionadas con el vigor y calidad de plántula, aunque



sin efectos en la acumulación de materia seca de la raíz, a pesar de que si hubieron diferencias en el peso seco de hojas, tallo y total.

En los resultados del estudio expuesto apuntan a que la aplicación de cualquier retardador de crecimiento ya sea solo o combinado con citocinina, no tuvieron efectos sobre el número de flores por inflorescencia. Sin embargo, cuando se analiza por cada inflorescencia esta aseveración cambia, porque al analizar el número de flores totales de las tres primeras inflorescencias con la aplicación de Paclobutrazol a la tercer hoja ( $25 \text{ mg Litro}^{-1}$ ) y quinta hoja ( $25 \text{ mg Litro}^{-1}$ ) verdadera fue superior, con respecto al testigo, aunque esto no se reflejó en el número de frutos totales por racimo y rendimiento.

En general se encontraron elementos a favor de la hipótesis de que los retardadores de crecimiento mejoran la disponibilidad de fotoasimilados, reduciendo la altura, porque en todas las dosis y momentos de aplicación evaluados se redujo la altura con respecto al testigo.

Los retardadores de crecimiento solos o combinados con citocininas redujeron la longitud de entrenudos, pero no incrementaron el número de flores al combinarse con la citocinina. En tanto, que en la mayoría de los retardadores de crecimiento analizados en el presente estudio, con aplicaciones foliares aplicadas a toda la plántula cuando la tercera o quinta hoja verdadera alcanzó 1 cm de longitud, en la mayoría de los tratamientos no incrementaron del número de flores totales por planta con respecto al testigo. Sin embargo, con aplicaciones de Paclobutrazol en la tercera y quinta hoja verdadera superó tanto al testigo, como al Clormequat en aplicación a la tercera y quinta hoja verdadera

o el Clormequat combinado con la citocinina a la tercera hoja verdadera. Por lo anterior, se afirma que no todos los retardadores de crecimiento incrementan el número de flores por inflorescencia al combinarse con la citocinina. Aun cuando la citocinina sola obtuvo más rendimiento por planta y por unidad de superficie que el Clormequat en dosis de  $500 \text{ ml} \cdot \text{Litro}^{-1}$ .

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, en relación a las modificaciones de las condiciones de crecimiento en plántulas de jitomate en etapa de semillero para promover más flores en los tres primeros racimos, se concluye lo siguiente:

Con modificaciones en las condiciones de crecimiento de plántulas en semillero tales como la reducción en la población, el incremento en el volumen de contenedor y en los niveles de radiación fotosintéticamente activa, se mejoran las características morfológicas relacionadas con la calidad y vigor de las plántulas, aun cuando no en todos los casos se incrementa el número de flores de las tres primeras inflorescencia y el rendimiento por unidad de superficie.

Las plántulas responden más a bajas densidades de población, tamaño de contenedor grande, poco sombreado y aplicación foliar de retardadores de crecimiento que reduzcan el alargamiento de entrenudos para mayor acumulación de materia seca, todos ellos mejoran los parámetros de calidad de las plántulas de jitomate en evaluaciones al final de la etapa de semillero.



El número de flores por inflorescencia en jitomate, solo se incrementó al mejorar el vigor de las plántulas, usando menor densidad de población y mayor volumen de sustrato en estado de plántula, aun cuando en el número de frutos y el rendimiento no se encontraron diferencias entre racimos.

La aplicación de retardadores de crecimiento en semillero disminuyó la longitud de entrenudos, modificando la altura de planta, pero se manifestaron distintas respuesta en el incremento del número de flores y frutos por racimos de acuerdo al retardador de crecimiento, el momento de aplicación y la dosis, pero no incrementaron el número de flores por racimo al combinarse con la citocinina.

## 8. LITERATURA CITADA

- Abdul, K. S.; G. P. Harris., 1978. Control of flower number in the first inflorescence of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): The role of gibberellins. *Annals of Botany* 42: 1361-1367.
- Ando, A.; Wada, T.; Hirai, H.; Abe, K., 2003. Effects of rockwool-cube size and days of raising seedlings on growth and root activity of the seedlings, growth after transplanting, and yield of tomatoes grown on rockwool. *Horticultural Research* 2: 297-301.
- Atherton, J. G.; Harris G. P., 1986. Flowering. *In: The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement*. Atherton, J. G. and J. Rudich (eds). Chapman and Hall. London, England. pp. 167-200.
- Barrett, J.; T.A. Nell., 1995. Comparison of paclobutrazol and uniconazole on floriculture crops. *Acta Hort.* 251: 275-280.
- Bernier, G., 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 175-219.
- Bernier, G.; Perilleux C., 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal* 3: 3–16.
- Berova, M.; Z. Zlatev., 2000. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Growth Regulation*. 30: 117-123.
- Bisht, R.; P. Singariya; N. Mathur; S. P. Bohra., 2007. Triazoles: Their effects on net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal resistance in *Setaria italica* plants grown in vivo. *Asian J. Exp. Sci.* 21: 271-276.

- Calvert, A., 1973. Environmental responses. *In: The United Kingdom Tomato Manual*. Growers Books. Londres, Inglaterra. pp 19-34.
- Candido, V.; V. Miccolis., 2003. Tomato seedling traits for late crop cycles: influence of shadowing, transplanting time and root container size. *Italus Hortus* 10(4): 53-58.
- Cantliffe, D. J., 1993. Pre-and postharvest practices for improved vegetable transplant quality. *HortTechnology* 3: 415-417.
- Charles-Edwards, D., A., Doley D.,; M. Rimmington G., 1986. *Modelling Plant Growth and Development*. Academic Press. Sydney, Australia. 235 p.
- Chiu, H. C., Ting, K. C., Giacomelli, G. A.; Mears, D. R., 1996 Simulation of supplemental light control strategies in a single truss tomato production system. *Acta Hort. (ISHS)* 440: 141-146
- Cooper, P. E., 1990. Effect of transplant container size on earliness, quality, and total yield of fresh-market tomatoes. *Proc. Ark. State Hort. Soc.* 111: 219-222.
- Cooper, P. E.; Stark, C. R.; Francis, P. B.; Gibson, A., Green, J.; McGraw, M.; Truax, B., 2002. The effect of tomato transplant container size on yield and quality of fresh-market tomatoes. *Arkansas Agricultural Experiment Station. Horticultural Studies. Research series* 494, 3 p.
- Davis, T. D., F. L. Steffons; N. Sankhla., 1988. Triazole plant growth regulators, p. 63-105. *In: J. Davis, W. J., J. Metcalfe, T. A. Costa and A. R. da Costa (1986) Plant growth substances and the regulation of growth under drought. Aust. J. Plant Physiol.* 13: 105-125.



- De Moraes, P. J.; Saraiva G. J. A.; De Araújo T. S.; Henriques da Silva; D.J.,  
Cecon, P. R.; Barbosa, J. G., 2005. Ornamental tomato growth and  
fruiting response to paclobutrazol. *Acta Hort. (ISHS)* 683: 327-332.
- Dewitte, W., A. Chiappetta; A. Azmi; E. Witters; M. Strnad; J. Rembur; M. Noin;  
D. Chriqui; H. Van Onckelen., 1999. Dynamics of cytokinins in apical  
shoot meristems of a day-neutral tobacco during floral transition and  
flower formation. *Plant. Physiol.* 119: 111-122.
- Dieleman, J. A.; E. Heuvelink., 1992. Factors affecting the number of leaves  
preceding the first inflorescence in tomato. *Journal of Horticultural  
Science* 67: 1-10.
- Dinar, M.; J. R. Rudich., 1985. Effect of heat stress on assimilate metabolism in  
tomato flower buds. *Annals of Botany* 56: 249-257.
- El-Abd, S. O.; Y. I. Helmy; M. S. El-Beltagy., 1979. Effect of two temperature  
regimes in growth, flowering and fruiting of two tomato varieties. *Hort.  
Res. Dept. Méditerranéenne.* 31: 151-160.
- FAO., 2004. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la  
Alimentación. (Consultado 25 de Noviembre 2007) Disponible  
<http://faostat.fao.org>
- FAO., 2006. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la  
Alimentación. (Consultado 30 de Noviembre 2007) Disponible  
<http://faostat.fao.org>

- Fletcher, R. A.; V. Arnold., 1986. Stimulation of cytokinins and chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by triadimefon. *Physiology Plantarum* 66: 197-201.
- Fletcher, R. A.; A. Gilley ; T. D. Davis; N. Sankhla., 2000 Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews* 24: 55-138.
- Giovinazzo, R; M. V. Souza; T. K. Hartz., 2001. Paclobutrazol responses with processing tomato in France. *Acta Hort.* 542: 355-358.
- Hickman, G. W.; J. Perry, E.; J. Mullen, R.; R Smith., 1989. Growth regulator controls tomato transplant height. *California Agriculture* 43: 19-20.
- Ho, L. C., 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. *Plant Growth Regulation* 2: 277-285.
- Hoek, I. H. S; Ten Cate, C. H; Keijzer, C. J; Shenel J. H.; Dons H. J. M., 1993. Development of the fifth leaf is indicative for whole plant performance at low temperature in tomato. *Annals of Botany* 73: 221-228.
- Hurd, R. G., 1973. Long-day effects on growth and flower initiation of tomato plants in low light. *Annals of Applied Biology*. 73: 221-228.
- Hurd, R. G.; A. J. Cooper., 1967. Increasing flower number in single-truss tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 42: 181-188.
- Hussey, G., 1963. Growth and Development in the Young Tomato. I. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordial. *Journal of Experimental Botany* 14: 316-325.

- Jing, F. Y.; C. Feng Y.; L. Jian Q.; C. Jian G.; W. Yan., 2004. Effects of seed soaking with uniconazole on the growth and physiological characters of tomato seedlings. *Journal of China Agricultural University* 82: 8-11.
- Kataoka, K.; A. Uemachi; M. Nonaka; S. Yazawa., 2004. Effects of endogenous gibberellins in the early stages of fruit growth and development of the 'Severianin' tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 54-58.
- Kinet, J. M., 1977. Effect of defoliation and grown substances on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Hort.* 6: 27-35.
- Klapwijk, D.; Wubben, C. F. M., 1984. Ligth, Temperature and the first tree inflorescences in greenhouse tomatoes. *Acta Horticulturae* 148: 925-925.
- Lawlor, W. D., 1993. Photosynthesis. Molecular, Physiological and Evironmental Processes. Longman Scientific and Technical. London, U. K. 318 p.
- Leskovar, D. I.; P. J. Stoffella., 1995. Vegetable seedling root system: morphology, development, and importance. *HortScience* 30: 1153-1159.
- López, V. M. F. Sánchez del C.; E. Contreras M. 2002. Efecto de cycocel y B-9 sobre plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) manejadas a dos racimos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(2): 161-170.
- Maroto, B., J. V., 1986. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 566p.
- Mcdaniel, C. N.; R. S. Singer; S. M. Smith., 1992. Developmental states associated with the floral transition. *Dev. Biol.* 153: 59-69.



- Mikiashevichs, E.; R. Walden., 1997. Plant mutants with altered responses to cytokinins. *Physiol. Plant.* 100: 528-533.
- Morgan, J. V., 1986 Chemical and environmental control of growth during propagation of tomato plants for trasplanting. *Acta Horticulturae*, 190: 523-530.
- Morris, D. A.; Newell A. J., 1987. The Regulation of Assimilate Partition and Inflorescence Development in the Tomato. *In: Regulation of Flowering.* J. G. Atherton (Ed.). British Library. London, England. pp 379-391.
- Muñoz, M. *et al.*, 1995 Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura. El caso del tomate rojo. CIESTAAM-SAGAR. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México, México. 120 p.
- Nesmith, D. S.; Duval, J. R., 1998. Transplant production and performance: The effect of container cell size. Department of Horticulture. Georgia Experiment Station. Griffin, G.A. USA. *HortTechnology* 8: 1-4.
- Nester, J. E. and J. A. D. Zeevaart., 1988. Flower development in normal tomato and a gibberellins – deficient ( $ga^{-2}$ ) Mutant. *Amer. J. Bot.* 75: 45-55.
- Nijhoff, M.; Publishers, R. J., 1984. Plant growth regulation. *International Journal Growth Regulation and Synthetic Regulators.* 2: 277-285.
- Nuez, F., 2001. El Cultivo del Tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 793 p.
- Partida R. L.; T. de J. Velázquez A.; B. Acosta V.; F. Ayala T.; T Díaz V.; J. F. Inzunza C.; J. E. Cruz O., 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y

- parte aérea en plántulas de pimiento morrón y berenjena. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30: 145 – 149.
- Partida, R. L.; T. de J. Velázquez A; B. Acosta V.; T. Díaz V.; J. C. Low L., 2005. Eficacia del paclobutrazol para retardar el crecimiento de plántulas de tomate. *Rev. Téc. Cient. Cidefruta* 1: 13-17.
- Pasian, C. C.; A. Bennett M., 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience* 36: 639-644.
- Pereira, P. R. G.; E. P. Martínez. 1999. Produção de mudas para o cultivo de hortaliças em solo e hidroponia. *Informe Agropecuario* 20: 24-31.
- Pérez, D. J. F. Cervantes, R. J. Soltero, D. L.; Medina, O. S., 2006. Guía para Cultivar Jitomate en la Ciénega de Chapala y Bajío Michoacano. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo Experimental Centro-Altos De Jalisco. Jalisco, México. 26 p.
- Peterson, T. A., Reinsel M. D.; Krizek D. T., 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Better Bush). Plant response to root restriction. I. Alteration of plant morphology. *Journal of Experimental Botany* 42: 1223-1240.
- Picken, A. J. F., 1984. A review of pollination and fruit set in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science* 59 (1): 1-13.
- Ponce O J; Sánchez, Del C. F.; Contreras, M. E.; Corona, S. T., 2000. Efecto de modificaciones al ambiente en la floración y fructificación de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Fitotecnia Mexicana* 23: 87-98.

- Reghin, M. Y.; Otto, R. F.; Olinik, J. R.; Jacoby, C. F., 2006. Produção de cebola sobre palhada a partir de mudas obtidas em bandejas com diferentes números de células. *Hortic. Bras.* 24: 289-297.
- Resh, H. M., 1992. *Cultivos Hidropónicos: nuevas técnicas de producción*. 3 ed. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 378 p.
- Rodríguez, M. Ma de las N.; G. Alcántar G.; A. Aguilar S.; J. D. Etchevers B.; J. A. Santizó R., 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana* 16: 135-141.
- Ruff, M. S.; Krizek, D. T.; Mirecki, R. M.; Inouye, D. W., 1987. Restricted root zone volume: influence on growth and development of tomato. *Journal American Society for Horticultural Science* 112: 763-769.
- Russel, C. R.; Morris, D. A., 1982. Invertase activity, soluble carbohydrates and inflorescence development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Botany* 49: 89-98.
- Sakurai, K.; Ogawa, A.; Kawashima, C.; Chino, M., 2007. Effects of biodegradable seedling pots on growth and nutrient concentrations of tomato plants: 2. Growth and nutrient concentrations after transplanting. *Bioresource Technology*. 98: 2781-2786.
- Sánchez Del C. F.; T. Corona S., 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate bajo un sistema hidropónico a base de despuntes y altas densidades. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 1: 109-104.



- Sánchez del C. F.; J. Ponce O., 1998. Densidad de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. Rev. Chapingo S. Horticultura 4: 89-94.
- Sánchez, Del C. F.; Espinoza, P. R.; Escalante, E. R., 1991. Producción superintensiva de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponia bajo invernadero. Avances de Investigación. Revista Chapingo 78: 62-68.
- Sánchez, Del C. F.; J. Ortiz C.; C. Mendoza C.; V. González H.; J. Bustamante O., 1998. Physiological and agronomical parameters of tomato in two new production systems. Fitotecnia Mexicana Vol. 211: 1-13.
- Santos, M. J.; F. Sánchez Del C., 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. Rev. Fitotec. Mex. 26: 257-262.
- SAS, 1990. User's Guide. Versión 6. Edición cuarta, Vol. I y II. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 851 p.
- Sawhney, V. K., 1983. The role of temperature and its relationship with gibberellic acid in the development of floral organs of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Can. J. Bot. 61: 1258–1265.
- Schwentesius, R., R.; M. A. Gómez Cruz., 2000. Internacionalización de la Horticultura. (Coord) Schwentesius R., R. y M. A. Gómez Cruz. Ed. Mundiprensa-UACH. México. pp. 31-76.

- Seabra, J. S.; J. Gadum; A. Inácio., 2004. Produção de pepino em função da idade das mudas produzidas em recipientes com diferentes volumes de substrato. *Horticultura Brasileira* 22: 100-106.
- SIACON., 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Consultada el 3 de septiembre del 2008).
- SIACON., 2007. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (Consultado el 29 de noviembre 2007). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Siller, J. H., 2004. Recolección, Empaque y Manejo Poscosecha de Tomate. Pp. 345-362. En: J.Z. Castellanos (Ed.). *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. 2ª Edición. INTAGRI, México.
- Singh, B., L. Yadav H., M. Kumar; S. Sirohi N. P., 2007. Effect of plastic plug-tray cell size and shape on quality of soilless media grown tomato seedlings. *Acta Hort. (ISHS)* 742: 57-60.
- Souza-Machado, V.; Pitblado R.; Ali A.; May P., 1999. Paclobutrazol in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for improved tolerance to early transplanting and earlier harvest maturity. *Acta Hort. (ISHS)*. 487: 139-144.
- Steta, M., 2004. Mexico as the new major player in the vegetable greenhouse industry. *Acta Horticulturae* 659: 31-36.
- Still, J. R.; G. Pill W., 2004. Growth and stress tolerance of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to seed treatment with

- paclobutrazol. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79: 197-203.
- Tachibana, M., 1999. El día en que el Jitomate se Convirtió de jitomate en verdura, de Planta Venenosa a la Primera Verdura del Mundo. Edit. Sisousha. Japón 238 p.
- Uchigasaki, M.; S. Miyamoto; K. Serata; S. Tojo; K. Watanabe., 2003. In-situ measurements of density and distribution of periphery roots of tomato seedling using machine vision system. *J. Jpn. Soc. Soil Phys.*95: 3-11.
- Van De Vooren, J.; G. W. H. Welles; G. Hayman., 1986. Glasshouse crop production. *In: The tomato crop.* J. G. Atherton and J. Rudich (eds). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 582-624.
- Vavrina, C. S.; Orzolek, M., 1993. Tomato transplant age: A review. *HortTechnology* 3: 313-16.
- Vriesenga, J. D.; Honma, S., 1974. Intercalary inflorescence in the tomato. *Journal of Heredity* 65:128-129.
- Walters, S. A.; R. Harry A.; Schmidt M. E., 2005. Container cell volume and transplant age influences muskmelon development and yield. *Journal of vegetable science* 11: 47-55.
- Weller, J. L.; J. B. Reid; S. A. Taylor; I. C. Murfet., 1997. The genetic control of flowering in pea. *Trends in Plant Science* 2: 412–418.
- Weston L. A.; Zandstra B. H., 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 111: 4 p 498-501.



- Wien, H. C., 1997. Transplanting: *In*: The Physiology of Vegetable Crops. H. C. Wien Editor. CABI Publishing. Department of Fruit and Vegetable Science, Cornell University, Ithaca, NY, USA. pp: 37-67.
- Wittwer, S.; Honma, S., 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan State University Press. EUA. 225 p.
- Zavaleta-Mancera, H. A.; A. Franklin K.; J. Ougham, H.; H. Thomas; M. Scott I., 1999. Regreening of senescent *Nicotiana* leaves. I. Reappearance of NADPH-protochlorophyllide oxidoreductase and light-harvesting chlorophyll a/b-binding protein. *J.Exp.Bot.* 50: 1677-1682.
- Zheng, Q.; L. Xia., 1998. Characteristics of tolerance to weak light during the seedling stage in tomato and measurement of several morphological and physiological indices. *Jiangsu Agricultural Sciences* 6: 51-52.

