

"Enseñar la explotación de la tierra,  
no la del hombre"

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL JITOMATE (*Lycopersicon  
esculentum* Mill) CON TALLOS BIFURCADOS ARTIFICIALMENTE**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PRESENTA**

**JOSÉ LUIS ESCALANTE GONZÁLEZ**



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

CHAPINGO, MÉXICO A DICIEMBRE DE 2009



Instituto de Horticultura



**BIBLIOTECA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL JITOMATE (*Lycopersicon  
esculentum* Mill) CON TALLOS BIFURCADOS ARTIFICIALMENTE**

Tesis realizada por **José Luis Escalante González** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

DIRECTOR:



DR. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR:



M.C. Polcarpo Espinosa Robles

ASESOR:



DRA. María Teresa Colinas León

Chapingo, Estado de México, diciembre de 2009.

## **DATOS BIBLIOGRÁFICOS**

José Luis Escalante González, ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia, nació en el municipio de Villacorzo en el Estado de Chiapas el 14 de agosto de 1977. Ingresó a la Preparatoria agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo en los años de 1993 a 1996, se incorporó al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo en 1996 en donde cursó los estudios del periodo de 1996 a 2001. Durante el 2001 al 2006, se desempeñó en actividades de gestión de créditos agrícolas y en actividades de asesoría en la producción de jitomate en el Estado de México e Hidalgo.

## *Agradecimientos*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por valioso apoyo otorgado para poder desarrollar mis estudios.*

*Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por su confianza y apoyo en la etapa final de la investigación.*

*A mi alma mater, Universidad Autónoma Chapingo, quién abrió sus puertas e hizo de mí un profesional moral y éticamente responsable.*

*Al Instituto de Horticultura por brindarme la oportunidad de seguirme preparándome y por las facilidades para desempeñar las actividades del posgrado.*

*Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos, al M.C. Policarpo Espinosa Robles y la Dra. Teresa Colinas León, quienes me brindaron su apoyo incondicional para realizar el trabajo de investigación y por sus valiosos consejos profesionales para el buen desempeño y conclusión del presente trabajo.*

*Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, coordinador del posgrado del Instituto de Horticultura, por sus acertados consejos profesionales para el buen desarrollo de la investigación.*

## *Dedicatorias*

*A mis padres, Sabel y Elsa<sup>†</sup>, por todo el apoyo incondicional y moral que me brindaron en el desarrollo de mi vida.*

*A mi esposa, Soledad Amaya Quiroz, por el apoyo y amor sincero que me brinda día a día.*

*A mis hijos, Ángel Yamanic y Amir Escalante Amaya, quienes con su amor, cariño, alegrías y ocurrencias infantiles iluminan mi vida, y que son fuente de inspiración en cada meta lograda.*

*A mis hermanos, Julio César y Nectali, por el apoyo moral en los momentos de desesperación.*

*A mis hermanas, Gloria Lilia, Anita y Chabelita, por que llenaron a nuestra familia de amor y unidad.*

*A mis sobrinos y cuñadas (s) por los grandes momentos compartidos en familia.*

*Sinceramente*

*José Luis Escalante González.*

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>                                          | <b>ix</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>                                                    | <b>x</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                   | <b>x</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                                            | <b>1</b>  |
| 1.1. OBJETIVOS.....                                                    | 3         |
| 1.2. HIPÓTESIS.....                                                    | 3         |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                  | <b>4</b>  |
| 2.1. Situación actual de la producción de jitomate en invernadero..... | 4         |
| 2.2. Factores que afectan el desarrollo de la planta.....              | 5         |
| 2.3. Arquetipo.....                                                    | 5         |
| 2.3.1. Arquetipo requerido para tallos.....                            | 6         |
| 2.3.2. Arquetipo requerido para hojas y dosel.....                     | 7         |
| 2.3.3. Arquetipo requerido para órganos reproductivos.....             | 7         |
| 2.3.4. Arquetipo requerido para precocidad.....                        | 7         |
| 2.4. Fuente-demanda.....                                               | 8         |
| 2.5. Distribución de fotoasimilados.....                               | 8         |
| 2.6. Producción intensiva del cultivo de jitomate.....                 | 9         |
| 2.7. Vasos de xilema.....                                              | 11        |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                                    | <b>14</b> |
| 3.1. Ubicación.....                                                    | 14        |
| 3.2. Material genético.....                                            | 14        |
| 3.3. Factor de estudio.....                                            | 15        |
| 3.3.1. Poda en semillero.....                                          | 15        |
| 3.3.2. Poda en trasplante.....                                         | 16        |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 Muestreos.....                                                       | 16        |
| 3.5. Unidad y diseño experimental.....                                   | 17        |
| 3.6. Caracteres evaluados.....                                           | 17        |
| 3.6.1. Características morfológicas.....                                 | 17        |
| 3.6.2. Características anatómicas.....                                   | 18        |
| 3.6.2.1. Cortes anatómico.....                                           | 18        |
| 3.6.2.2. Proceso de tinción.....                                         | 18        |
| 3.6.2.3 Medición de las variables anatómicas.....                        | 19        |
| <b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>                                  | <b>20</b> |
| 4.1. Efecto del tratamiento en el desarrollo morfológico-vegetativo..... | 20        |
| 4.2. Efecto del tratamiento en el ciclo de producción.....               | 24        |
| 4.3. Efecto del tratamiento en el comportamiento de vasos de xilema..... | 26        |
| <b>5. CONCLUSIONES.....</b>                                              | <b>33</b> |
| <b>6. LITERATURA CITADA.....</b>                                         | <b>34</b> |
| <b>7. ANEXO.....</b>                                                     | <b>38</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Comparación de medias de cuatro tratamientos en 12 variables vegetativas de plantas de jitomate.....                                              | 23 |
| Cuadro 2. Comparación de medias de cuatro sistemas de producción de jitomate en seis variables.....                                                         | 26 |
| Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en el área, perímetro y diámetro de vasos de xilema de las plantas de jitomate en cinco variables y dos muestreos..... | 29 |

# COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) CON TALLOS BIFURCADOS ARTIFICIALMENTE

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill) WITH ARTIFICIALLY FORKED STEMS

J.L. Escalante-González<sup>1</sup>; J. Sahagún-Castellanos<sup>2</sup>;

### RESUMEN

Se evaluaron cuatro esquemas de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con la finalidad de reducir costos de producción de plántulas mediante la formación de plantas con dos tallos que incrementen la producción por planta. La investigación se realizó en los invernaderos del Instituto de Horticultura en la Universidad Autónoma Chapingo; se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con veinte repeticiones. La unidad experimental fue una maceta. Los tratamientos fueron: 1) poda del meristemo apical de la planta en semillero (PPS), 2) poda del meristemo apical de la planta al trasplante (PPT), 3) dos plantas sin poda por maceta (DPM) y 4) una planta sin poda por maceta (UPM). Las plantas se condujeron a dos racimos por tallo. Los rendimientos por unidad experimental producidos por DPM (1,197.0 g) y PPS (1,000.8 g) no difirieron estadísticamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) pero éstos y las de PPT superaron al de UPM (670.4 g). Esto significa que es posible incrementar el rendimiento sin invertir en plántulas adicionales. Además, se encontró que PPT produjo un retraso de 20 días en el inicio de cosecha y un incremento significativo ( $\alpha \leq 0.05$ ) del tamaño de vasos de xilema. El comportamiento de estos vasos probablemente se debe, al menos en parte, a la síntesis de auxinas causadas por deficiencias de luz y altas temperaturas.

**PALABRAS CLAVE:** Dominancia apical, sistema vascular, hidroponía, poda, invernadero, cultivo sin suelo.

### ABSTRACT

Four production models of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) were evaluated with the aim of reducing seedling production costs by forming two-stem plants that increase production per plant. The research was carried out in the greenhouses of the Institute of Horticulture at the Autonomous University of Chapingo; an experimental design with randomized complete blocks was used with twenty replications; the experimental unit was a pot. The treatments were: 1) pruning of the apical meristem of the plant in the nursery (PPS), 2) pruning the apical meristem of the plant to transplant (PPT), 3) two plants per pot without pruning (DPM) and 4) a plant without pruning per pot (UPM). Plants were conducted to two clusters per stem. Yields per experimental unit produced by DPM (1,197.0 g) and PPS (1,000.8 g) were not statistically different ( $\alpha \leq 0.05$ ) but they and the PPT exceeded the UPM (670.4 g). This means that it is possible to increase yield without investing in additional seedlings. In addition, it was found that PPT resulted in a delay of 20 days in the beginning of the harvest and a significant increase ( $\alpha \leq 0.05$ ) in the size of xylem vessels. The behavior of these vessels is probably due, at least in part, to the synthesis of auxin caused by poor light and high temperatures.

**KEY WORDS:** Apical dominance, vascular system, hydroponics, pruning, greenhouse, soilless cultivation.

<sup>1</sup> Tesista

<sup>2</sup> Director de tesis

## 1. INTRODUCCIÓN

La hidroponia se aplica en todo el mundo a la producción de cultivos rentables. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una de las especies hortícolas que más se cultiva en este sistema (Lara, 1999). En los últimos años, el consumo del fruto de jitomate se ha incrementado significativamente, tanto en fresco como industrializado, debido a la demanda generada por las tiendas de comida rápida y por los restaurantes, que llegan a consumir hasta 50 % de la producción (DeGiglio, 2003).

El rendimiento de jitomate depende del número y tamaño de los frutos cosechados por unidad de área (Peil y Gálvez, 2004). Sin embargo, el rendimiento por unidad de área también puede incrementarse con un mayor número de plantas por metro cuadrado y con un mayor número de tallos laterales (Cockshull y Ho, 1995; Nederhoff *et al.*, 1992).

En el sistema hidropónico convencional bajo invernadero, la densidad de población promedio es de 2 a 3 plantas.m<sup>-2</sup>, éstas se suelen dejar crecer más de tres metros de altura para cosechar de 15 a 20 racimos por planta, lo que genera que el ciclo se alargue hasta 10 meses (Resh, 2004). Por otro lado, el alto costo de las plántulas comparado con la siembra directa (Stanley y Geraldson, 2001) hace que el sistema de producción necesite inversiones costosas al inicio del ciclo de producción.

La presente investigación responde a la necesidad que enfrenta el sistema de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero, de reducir el alto costo de la producción de plántula, por compra de semilla, mediante generar plantas con dos tallos a partir de la eliminación de la dominancia apical desde el semillero. Con esta práctica se debe reducir la cantidad, y con ello el costo, de semilla requerida en 50 %.

En cuanto a las características anatómicas de los tejidos de conducción, evaluado desde su tamaño y forma de vasos de xilema como tejido de conducción, son determinantes en el abastecimiento y transporte de nutrimentos a todas las partes de la planta, además de estar directamente relacionado con la producción. Por otro lado, la tasa de flujo puede ser afectada por el tamaño (particularmente el área en sección transversal) del tejido de transporte o relacionarse con el mismo (Bidwell, 1979).

Cuando los porcentajes de los haces vasculares se incrementa y el diámetro de vasos disminuye la cantidad de agua transportada es mayor, por lo que existe una mayor adaptación de dichas plantas (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002). En el trabajo realizado en rosa por Kool *et al.* (1991), encontraron que el porcentaje más alto de xilema estaba relacionada con el grosor de tallo y que las ramas con mayor diámetro de tallo produjo mayor calidad y cantidad de flores.

## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este trabajo fue estudiar el fenómeno productivo del jitomate a dos tallos inducidos en dos etapas de desarrollo de la planta.

### **1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Evaluar el rendimiento a partir de plántula podada en semillero, en trasplante y guiada a dos tallos.
2. Evaluar el comportamiento morfológico de la planta podadas en dos etapas de desarrollo (floración y amarre de fruto) y bajo competencia.
3. Evaluar las variaciones del tamaño de los vasos de xilema de diferentes zonas de la planta (tallo de producción, tallo principal, peciolo de la hoja inferior y superior al primer racimo, pedicelo del primer racimo floral).

## **1.2. HIPÓTESIS**

Hipótesis 1: Existen mejores características morfológicas de altura y grosor en plantas guiadas a dos tallos comparadas a las plantas de un solo tallo.

Hipótesis 2: Plantas de jitomate guiadas a dos tallos presentan mayor rendimiento por planta que las plantas del resto de los tratamientos.

Hipótesis 3: Las plantas guiadas a dos tallos presentan mayor tamaño (área, Perímetro y diámetro) de vasos de xilema, que las plantas guiadas a un solo tallo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Situación actual de la producción de jitomate en invernaderos

En 2007, México ocupaba el cuarto lugar mundial de superficie con invernaderos. Para el 2008 este sistema de producción se ha desarrollado en 9,502 hectáreas de los cuales 4,000 han tenido apoyo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA). Para lo que va del 2009, el 70.6 % de los proyectos impulsados por la SAGARPA involucra invernaderos, con cultivos de jitomate, pimiento (*Capsicum annuum* L.) y ornamentales; el 21.5 % corresponde a casa sombra con cultivos de jitomate y pimiento (*Capsicum annuum* L.), y el 7.9 % se ubica en la categoría de macrotúnel con cultivos de fresa (*Fragaria vesca* L.) y hortalizas (SAGARPA. 2009).

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial de las cultivadas en invernadero, por lo que es de interés encontrar sistemas de producción que incrementen el rendimiento y la calidad (Sánchez *et al.*, 2009). El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en México consiste en el uso de variedades de hábito indeterminado, en densidades de población que van de 2 a 3 plantas por metro cuadrado y donde las plantas se conducen hasta más de 7 metros de altura, para cosechar 15 ó más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año (Resh, 2004).

## **2.2. Factores que afectan el desarrollo de la planta**

El desarrollo de la planta depende de numerosos factores, entre los que cabe mencionar, la variedad, la iluminación, la temperatura, la nutrición, el suministro de agua y la concentración de CO<sub>2</sub> (Nuez, 1995). Picken (1986) menciona que la producción y distribución de los fotoasimilados es un factor esencial en el desarrollo de la planta, y que éste a su vez se ve afectado por la luz. Así también, la temperatura, que depende de la iluminación, es un factor importante sobre el desarrollo vegetativo de la planta.

## **2.3. Arquetipo**

En plantas con baja competitividad, (poca o nula ramificación) se requiere manejar altas densidades para producir mayor biomasa por unidad de superficie (Donald y Hamblin, 1983). Por lo que un objetivo permanente de la investigación agronómica-botánica es el entender la productividad de los cultivos en términos de las formas arquitectónicas, estructuras y eventos de desarrollo de las plantas creciendo en poblaciones masivas (Adams, 1982; Donald, 1968). Las principales características arquetípicas de habilidad competitiva son: 1) una tolerancia implícita a formas similares de plantas en altas densidades, permitiéndoles explotar completamente el ambiente y lograr el máximo rendimiento biológico; 2) una economía implícita en el uso de los recursos con una inversión mínima de los asimilados en estructuras morfológicas vegetativas ( tallos cortos, sin brotes ni ramas, menos hojas, etc.) lo que conduce a los altos índices de cosecha; 3) una forma implícita de la

planta que puede pasar desapercibida en el proceso de selección visual, y 4) un alto nivel de respuesta a prácticas culturales o insumos (Sedgley, 1991).

En plantas como el jitomate, mediante la manipulación con prácticas culturales, como la poda y altas densidades, propicia la expresión de algunos caracteres identificados como favorables en el nivel apropiado que permite lograr el acercamiento a un arquetipo. Al forzar mediante podas y despuntes un hábito de crecimiento determinado, se logra mantener el índice de área foliar óptimo hasta la cosecha de los frutos y se reduce la competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, favoreciendo a este último, y se acorta el ciclo de cultivo desde el transplante hasta la cosecha, permitiendo incrementar a casi cinco ciclos por año y un rendimiento anual por unidad de superficie mayor (Sánchez *et al.*, 1999).

Las características como grosor de tallo y pedúnculo, el área foliar por planta y de las tres hojas superiores, la inflorescencia bifurcada, el porcentaje de amarre de fruto y el índice de cosecha deben ser tomadas en cuenta como características de selección de un arquetipo, ya que están directamente relacionadas con el número y el peso medio de los frutos (Sánchez *et al.*, 1999).

### **2.3.1. Arquetipo requerido para tallos**

De acuerdo con Regalado (2002), en plantas con una misma altura y un tallo grueso se potencia un mayor volumen de células del parénquima donde se pueden almacenar más fotoasimilados en las etapas de crecimiento en la radiación solar no es limitante en el dosel. Sánchez *et al.* (1999), también

menciona que la presencia de una mayor área de floema y de tejido no vascular parece ser una consecuencia de la formación de tallos, pedúnculos y pedicelos gruesos.

### **2.3.2. Arquetipo requerido para hojas y el dosel**

Las variedades con un ángulo de inserción y la disposición o arreglo de la hoja en el dosel, tienen mayor capacidad para interceptar la radiación solar y realizar la fotosíntesis (Nobel y Long, 1988).

### **2.3.3. Arquetipo requerido para órganos reproductivos**

Cuando se parte de una plantación manejada a altas densidad entre más frutos lleguen a madurez comercial por racimo, se obtendrá mayor rendimiento por planta si el peso de los mismos no disminuye de manera importante, de ahí la importancia de integrar en el arquetipo de jitomate la característica de racimo bifurcado (Sánchez *et al.*, 1999); la característica de inflorescencia bifurcada puede promoverse mediante prácticas culturales como modificaciones del ambiente, por ejemplo el manejo de la temperatura, CO<sub>2</sub> y la misma nutrición; también se puede promover mediante modificaciones en la relación fuente-demanda (Sánchez *et al.*, 1999; Picken *et al.*, 1986).

### **2.3.4. Arquetipo requerido para precocidad**

De acuerdo con Sánchez *et al.* (1999), la precocidad es importante en el arquetipo de un racimo, donde se busca obtener varios ciclos por año, ya que la mayor productividad puede estar basada en aspectos fisiológicos que conducen

a la construcción de una aparato fotosintético eficiente en menos tiempo o aún menor periodo de crecimiento de los frutos pero a tasas mayores.

#### **2.4. Fuente-demanda**

Los términos fuente y demanda se usa para señalar la dirección del flujo de fotosíntesis entre ciertos órganos, dirección que depende de las fase de desarrollo. En general, la fuente corresponde a los órganos de suministro y la demanda a los órganos de recepción que son los que se encuentran en crecimiento activo (Mendoza, 1995; Kohashi, 1990).

La fuente y la demanda se puede definir desde el punto de vista metabólico, ya que en la fuente se producen los asimilados por el proceso de fotosíntesis o por el catabolismo y la removilización de materiales almacenados, mientras que la demanda utiliza dichos asimilados en procesos respiratorios de crecimiento (Wilson, 1972).

#### **2.5. Distribución de fotoasimilados**

El transporte de azúcares se realiza en forma de sacarosa a través del floema y cada hoja suministra nutrientes preferentemente a determinados órganos. En condiciones normales, las variaciones de las concentraciones de almidón y sacarosa en las hojas son escasas (Picken, 1986).

El patrón de crecimiento de una planta de jitomate sugiere que hay una prioridad en la repartición de asimilados entre los órganos de crecimiento. Varios órganos demandantes tienen habilidades diferentes para captar asimilados, a que se le llama “fuerza de la demanda”, y así la prioridad de un

órgano en la repartición de asimilados, es el resultado de la competencia entre los órganos demandantes, conocida como “competencia de la demanda”. El orden de prioridad en la repartición de asimilados es: raíz, hoja joven, flores en plantas floreciendo, frutos y raíces en plantas fructificando (Ho, 1984; Ho *et al.*, 1989).

Shishido *et al.* (1989), en el trabajo de investigación realizada en jitomate que consistió en la aplicación de  $^{14}\text{CO}_2$  en diferentes etapas de desarrollo de la planta, encontraron que la mayoría de los fotoasimilados en jitomate se translocan a la demanda más cercana.

## **2.6. Producción intensiva del cultivo de jitomate**

En la planta de jitomate sus ramificaciones es generalmente simpodial, esto es que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente (Nuez, 1995), actualmente dicha característica es base investigaciones enfocados a disminuir costo y/o incrementar producción.

Como resultado de varios trabajos de investigación y de experiencia comerciales se ha desarrollado y validado una nueva tecnología de producción en tomate en hidroponía que consiste en despuntar (eliminar la yema terminal de la planta) tempranamente, para dejar tres inflorescencias por planta. De esta manera se establecen densidades de población tan altas como  $12 \text{ plantas.m}^{-2}$  de superficie útil (Ucan *et al.*, 2005).

La principal ventaja del despunto temprano es que se logra concentrar toda la cosecha de un ciclo en un intervalo muy corto (un mes), mismo que se puede

hacer coincidir con las fechas en que los precios del producto son más altos en el mercado, y así incrementar la rentabilidad. El menor rendimiento por planta se compensa parcialmente con la mayor densidad de población (Sánchez y Ponce, 1988; Sánchez *et al.*, 1999).

En la Universidad Autónoma Chapingo, se ha trabajado desde hace más de 15 años en una línea de investigación sobre la producción intensiva de jitomate en hidroponía, con el propósito básico de generar un paquete tecnológico factible y redituable mediante el aplicación de técnicas de cultivos como trasplantes tardíos y despuntes tempranos para dejar uno o dos racimos por planta que permitan manejar altas densidades de población por unidad de superficie para eficientizar el recurso y el espacio disponible para producción de jitomate (Sánchez y Ponce, 1998).

Como resultados de los trabajos encaminados al uso eficiente del espacio, Sánchez *et al.* (1999), quienes trabajaron con 17 cultivares de jitomate a dos densidades de población (12 y 25 m<sup>-2</sup>), encontraron que los cultivares con un alto índice de cosecha (IC de 0.52) tuvieron generalmente un mayor peso de fruto, por lo que rindieron más que los cultivares en los que el índice de cosecha (IC de 0.38) fue relativamente bajo. El rendimiento por unidad de superficie puede aumentarse aún más si se incrementa la densidad por arriba de 25 plantas.m<sup>-2</sup>, a partir de cultivares de menor biomasa por planta, pero con alto índice de cosecha.

Hernández *et al.* (1991), reportan que el rendimiento total por unidad de superficie es determinado principalmente por la densidad de siembra y por el nivel de despunte realizados. En cuanto a la calidad de fruto reporta que a medida que se disminuye el número de racimos por planta se incrementa el tamaño de fruto, como un efecto a la disminución de la competencia de fotoasimilados.

Sánchez y Ponce (1998), quienes trabajaron con tres densidad de población por metro cuadrado y con diferente cantidad de racimo por planta (12 plantas. $\text{m}^{-2}$  con 3 racimos por planta; 16 plantas. $\text{m}^{-2}$  con dos racimos por planta y 24 plantas. $\text{m}^{-2}$  con un racimo por planta) reportan que el rendimiento por unidad de superficie son similares, pero que al disminuir el número de racimo por planta se disminuye el tiempo de transplante a cosecha, permitiendo incrementar el número de ciclos por año y por lo tanto mayor productividad anual.

Si la densidad de plantas (IAF) es muy alta el beneficio se puede perder, ya que la falta de radiación dentro del dosel por efecto de altas densidades disminuye la asimilación por planta, ocasionando flores pequeñas, apretadas, defectuosas y pobres en polen ( Ucan *et al.*, 2005).

## **2.7. Vasos de xilema**

Los estudios de conducción se han realizado desde hace mucho tiempo; se tiene dato de que los científicos ingleses Thomas Brotherton y Robert Hooke, en 1671, dirigieron experimentos de anillado, los cuales demostraron que las sustancias nutricias que las plantas recibían del aire eran transportadas hacia

abajo por la corteza, mientras los nutrientes proveniente del suelo se movían hacia arriba por la madera. La principal conclusión aun permanece: la savia o el agua de transpiración que contiene sales inorgánicas se mueven hacia arriba en la madera muerta o tejidos de xilema, y el transporte de materias orgánicas tiene lugar en la corteza viva, hacia abajo, de las hojas hacia las raíces, y se metaboliza por la corteza o el floema (Bidwell, 1979).

De acuerdo con Bidwell (1979), la tasa de flujo es el resultado de la velocidad de movimiento de las moléculas individuales y de la cantidad de material que se mueve en un tiempo dado. Estos parámetros a su vez pueden ser afectados por el tamaño (particularmente el área en sección transversal) del tejido transporte, o relacionarse con el mismo; un valor que es extremadamente difícil o imposible de medir.

El floema y xilema forma un sistema continuo de tejidos vascular que extiende hacia todos los órganos del cuerpo de la planta. El Xilema se considera el principal tejido conductor de agua, minerales, nutrimentos y da soporte a la planta (Raven, 1992)

Las tendencias filogenéticas en los orígenes y especializaciones de los vasos del xilema son evidentes y fiables y merecen la consideración seria en varias líneas de investigación (Bailey, 1954).

El diámetro de vasos del xilema determina la eficiencia en la conducción del agua en plantas, tienen diámetros de 40 a 80  $\mu\text{m}$ , o mucho más, hasta 500  $\mu\text{m}$

(Salisbury y Ross, 2000), por lo que son altamente variables en sus dimensiones (Meza, 2005).

Kool *et al.* (1991), encontraron que el porcentaje más alto del xilema estaba relacionado con el grosor del tallo y que las ramas con mayor diámetro de tallo produjo mayor calidad y cantidad de flores de rosas. Por otro lado, Nijsee *et al.* (2001), en su trabajo de investigación en crisantemo, encontraron que la altura de conducción depende de la distribución de la longitud de los conductos y de la conductividad hidráulica del tallo.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación**

La investigación se realizó bajo el sistema hidropónico en el invernadero de mejoramiento genético de jitomate del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, ubicado a 19°29' N y a 98°53'W, a una altitud de 2240 metros sobre el nivel del mar, en el año del 2008.

#### **3.2. Material genético**

Se utilizaron 5 charolas de 200 cavidades que se llenaron con turba de pantano (peat-moss). Se depositó una semilla de jitomate de la variedad "Río Grande" por cavidad; y la solución nutritiva que se utilizó fue la de Steiner. A partir del cuarto día después de la siembra se regó con agua simple durante siete días. La solución nutritiva se aplicó de la siguiente manera: del día 11 al 18 al 33 % de concentración estándar; del día 19 al 26 al 66 % y del día 27 en adelante se regó con la concentración del 100 %. Se tuvo 75 % de germinación y de la población resultante se utilizaron 600 plantas para el establecimiento del experimento.

### **3.3. Factor de estudio**

Se evaluó el efecto de la poda, que consistió en eliminar el punto de crecimiento para suprimir la dominancia apical y de esta forma inducir dos tallos por planta, en dos etapas de desarrollo de la planta de jitomate. En la primera, 18 días después de la siembra en la etapa de semillero, se eliminó la parte apical por arriba de los cotiledones. En la segunda etapa, 15 días después del trasplante se removi6 el brote principal para inducir la brotación de dos tallos secundarios, cuando la planta trasplantada presentó la cuarta hoja verdadera. Para evaluar el efecto de los dos tallos y los de la competencia, se incluyó el tratamiento de dos plantas por maceta (DPM) y el de una planta por maceta (UPM).

Las plantas sin podar fueron trasplantadas 49 días después de la siembra y las plantas podadas en el semillero a los 56 días de la siembra, cuando tenían una altura de 16 cm en promedio. El dicha actividad se realizó en bolsas de polietileno negro de 20 cm de ancho y 20 cm de altura, colocadas en línea sin dejar espacio entre ellas simulando una cama en bloques de 6 macetas, se utilizó tezontle rojo como sustrato. Todas las plantas fueron conducidas a dos racimos.

#### **3.3.1. Poda en semillero**

La poda en semillero se realizó cuando las plantas presentaron el primer par de hojas verdaderas. Se eligieron 200 plántulas al azar que fueron objeto de despunte en el semillero con un corte por abajo de las hojas y por arriba de los

cotiledones. Las plantas podadas se separaron del resto de la población para evitar dominancia de alguno de los tallos por competencia de luz.

### **3.3.2. Poda en trasplante**

La poda en trasplante se realizó en a los 64 días después de la siembra, cuando la planta se había adaptado en el medio de cultivos (tezontle rojo), eliminando el ápice de crecimiento de la planta por arriba de la cuarta hoja.

### **3.4. Muestreos**

Se hizo dos muestreos destructivos, que consistieron en eliminar plantas para extraerles las muestras para el posterior estudio de los vasos de xilema. Al final del segundo muestreo cada bloque se constituyó de 4 macetas que se llevaron a producción y se evaluó el rendimiento ( $\text{g.planta}^{-1}$ ), longitud (cm) y volumen (ml) de raíz de cada unidad experimental (una maceta).

Los muestreos se llevaron a cabo en dos etapas: El primero se hizo durante el periodo de floración (a los 68 dds para las plantas sin poda, y para las plantas podadas en semillero y 92 dds para las plantas podadas en trasplante), iniciada a partir de que se tenía el 50 % de flores abiertas en el primer racimo floral. El segundo muestreo se hizo durante el periodo de amarre de fruto (a los 108 dds para las plantas sin podar y para las plantas en semillero, y 130 dds para las plantas podadas en trasplante), a partir de que el 50 % de las flores en el racimo se apreciaba el fruto amarrado. El muestreo se hizo en 20 repeticiones y se hizo en cinco zonas de la planta: 1) tallo principal, considerada así a la parte de la planta que sostiene a los tallos de producción en las plantas que se

guiaron a dos tallos; 2) tallos para producción, son los tallos que se originaron a partir de la eliminación de la dominancia apical en plantas guiadas a dos tallos y para las plantas guiadas a un solo tallo por planta; 3) peciolo de la hoja inferior inmediata al primer racimo; 4) pedicelo del racimo floral; 5) peciolo de la hoja superior inmediata del primer racimo.

### **3.5. Unidad y diseño experimental**

Los tratamientos se distribuyeron según un diseño de bloques completos al azar, con 20 repeticiones. Las variables fueron analizadas estadísticamente con SAS versión 9.0. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). En algunas variables no se encontró homogeneidad de varianza por lo que se hizo la transformación de datos con el método de la raíz cuadrada (SQRT) y aun en estos casos, en los cuadros de comparación de medias, éstas se presentaron en las escalas originales.

### **3.6. Caracteres evaluados**

#### **3.6.1. Características morfológicas**

Las variables morfológicas fueron: 1) altura de planta (AP), medida (cm) desde el nivel del suelo hasta la parte terminal del último primordio foliar; 2) altura (cm) al primer racimo (APR); 3) número de flores por racimo (NFR); 4) número de hojas al primer racimo (NHPR); 5) diámetro (cm) de: tallo de producción (DTP), tallo principal (DTP) debajo de los tallos inducidos, peciolo de hoja inferior (DPHI) al primer racimo, peciolo de la hoja superior (DPHS) inmediata al primer racimo, y pedicelo del racimo floral (DPRF). Posteriormente se extrajeron

las muestras de cada una de las zonas (tallo principal, tallo, peciolo de hoja inferior al primer racimo, peciolo de hoja superior al primer racimo y pedicelo de racimo floral) y se conservó en una solución "FAA" (5 % de formaldehído, 5 % de ácido acético glacial y 90 % de etanol 96 %).

### **3.6.2. Características anatómicas**

Las características anatómicas de vaso de vaso de xilema fueron: área, perímetro y diámetro; evaluadas en cinco zonas de las plantas: 1) tallo principal, 2) tallo de producción, 3) peciolo de hoja inferior al primer racimo, 4) peciolo de hoja superior al primer racimo y 5) pedicelo de racimo floral.

#### **3.6.2.1. Cortes anatómico**

Para las partes de la planta con menos lignificación, el corte se hizo con un micrótopo de mano graduado en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), y para las muestras con mayor lignificación se utilizó un xilótomo. Los cortes, de un grosor de 90  $\mu\text{m}$ , se colocaron inmediatamente en etanol al 50 % para evitar la deshidratación.

#### **3.6.2.2. Proceso de tinción**

Los cortes se sometieron a la técnica de tinción rojo-verde (Curtís, 1986) que consistió en colocar el corte sobre un portaobjeto y aplicarle safranina, para diferenciar el tejido de crecimiento secundario (xilema), tiñendo de color rojo. Tres minutos después, con papel absorbente se eliminó el residuo y se lavó con etanol al 70 % dos o tres ocasiones dependiendo del contenido de safranina seguido de lavados con etanol al 95 %. Una vez eliminado el residuo de

safranina se aplicó verde-fijo, que coloreó de verde los tejidos de crecimiento primario (floema). El verde-fijo se dejó durante un minuto, posteriormente se eliminó el sobrante y se lavó con etanol absoluto para retirar el exceso. Una vez concluido el lavado del verde-fijo se aplicó el fenol-xilol. Éste acomodó los colores en los tejidos que correspondían. El fenol-xilol se dejó durante un minuto y enseguida se eliminó el excedente con papel secante. Finalmente, se aplicó 1 ó 2 gotas de xilol sobre el corte y se dejó reposar durante un minuto. Se eliminó el exceso con papel secante y se puso 2 gotas de bálsamo de Canadá y se colocó el cubreobjeto. Las preparaciones se secaron a 30 °C en la estufa antes de hacer las mediciones.

#### **3.6.2.3. Medición de las variables anatómicas**

Para realizar las mediciones se tomaron fotografías en cuatro cuadrantes de los cortes, buscando abarcar la mayor área posible de éstos. Las fotografías se tomaron con el programa Motic images 2000 versión 1.3 y una cámara incorporada a un microscopio, bajo el objetivo de 10X; posteriormente con el programa PhotoDelux Home edition 4.0 aclararon la imagen de los vasos del xilema; y finalmente con el programa Image tool for Windows versión 3.0 se realizaron mediciones de área ( $\text{nm}^2$ ), perímetro (nm) y diámetro (nm) de vaso.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Efecto de los tratamientos en el desarrollo morfológico-vegetativo.**

Se observaron diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre las medias de altura de planta (AP) de los cuatro tratamientos en el primer muestreo (Cuadro 1). La media de las plantas más altas, las podadas en trasplante (PPT) (64.7 cm), superó por 42.4 % la altura de las más bajas, las podadas en semillero (PPS) (37.3 cm). Además, las medias de dos plantas por maceta (DPM) (48.1 cm) y de una planta por maceta (UPM) (47.6 cm) no difirieron significativamente pero difirieron de las dos medias restantes (PPS y PPT). En el segundo muestreo no se tuvo diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre las alturas de PPT, UPM y DPM, pero fueron superiores a la del tratamiento PPS.

Entre las medias de altura al primer racimo (APR) y del diámetro de la hoja superior (DPHS) e inferior (DPHI) el comportamiento estadístico de las cuatro medias que se observó en el primer muestreo de AP prácticamente se repitió en el segundo. Este resultado era esperable por ser variables altamente relacionadas.

**CUADRO 1. Comparación de medias de cuatro tratamientos en 12 variables vegetativas de plantas de jitomate.**

| TRAT.            | AP<br>(cm)          | APR<br>(cm) | DTPP<br>(cm) | DTP <sup>x</sup><br>(cm) | ATP <sup>x</sup><br>(cm) | DPRF<br>(cm) | DPHI<br>(cm) | DPHS<br>(cm) | NHPR<br>(cm) | NFR<br>(cm) | LR <sup>z</sup><br>(cm) | VR <sup>z</sup><br>(ml) |
|------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| Primer muestreo  |                     |             |              |                          |                          |              |              |              |              |             |                         |                         |
| UPM              | 47.6 b <sup>y</sup> | 30.2 b      | 0.9 a        | -                        | -                        | 0.3 a        | 0.5 b        | 0.5 b        | 7.2 a        | 6.5 a       | -                       | -                       |
| PPS              | 37.3 c              | 20.2 c      | 0.6 c        | 0.5 b                    | 3.0 b                    | 0.2 b        | 0.4 c        | 0.4 c        | 4.5 d        | 5.0 b       | -                       | -                       |
| DPM              | 48.1 b              | 28.2 b      | 0.8 b        | -                        | -                        | 0.3 a        | 0.5 b        | 0.5 b        | 6.4 b        | 6.6 a       | -                       | -                       |
| PPT              | 64.7 a              | 44.7 a      | 0.8 b        | 0.8 a                    | 15.3 a                   | 0.3 a        | 0.6 a        | 0.5 a        | 5.2 c        | 6.2 a       | -                       | -                       |
| DMSH             | 3.1                 | 2.9         | 0.1          | 0.1                      | 10.3                     | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.5          | 0.6         | -                       | -                       |
| Segundo muestreo |                     |             |              |                          |                          |              |              |              |              |             |                         |                         |
| UPM              | 81.9 a              | 25.2 b      | 0.8b         | -                        | -                        | 0.4 a        | 0.6 a        | 0.5 b        | 5.8 a        | 6.2a        | 28.8 a                  | 40.8 a                  |
| PPS              | 69.4 b              | 21.5 c      | 0.6 c        | 0.7 b                    | 2.8 b                    | 0.2 b        | 0.4 b        | 0.4 c        | 4.5 c        | 5.2 b       | 27.3 ab                 | 43.3 a                  |
| DPM              | 79.3 a              | 27.6 b      | 0.8 b        | -                        | -                        | 0.4 a        | 0.5 a        | 0.5 b        | 6.2 a        | 6.2 a       | 24.6 b                  | 31.0 b                  |
| PPT              | 76.5 a              | 43.5 a      | 0.9 a        | 0.8 a                    | 9.8 a                    | 0.4 a        | 0.6 a        | 0.6 a        | 5.2 b        | 6.4 a       | 28.9 a                  | 40.8 a                  |
| DMSH             | 5.8                 | 3.7         | 0.1          | 0.1                      | 1.6                      | 0.1          | 0.1          | 0.1          | 0.7          | 1.0         | 2.8                     | 6.4                     |

<sup>y</sup>Valores con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) en cada muestreo.

AP= altura de planta; APR=altura al primer racimo; DTPP=diámetro de tallo de producción; DTP= diámetro de tallo principal; ATP= altura del tallo principal; DPRF=diámetro pedúnculo del primer racimo floral; DPHI= diámetro de peciolo de hoja inferior; DPHS=diámetro peciolo de la hoja superior; NFR=número de flores por racimo; NHPR=número de hojas al primer racimo. LR= longitud de raíz; VR= volumen de raíz; TRAT.= Tratamiento; UPM.= una planta por maceta; PPS= plantas podadas en semillero; DPM= dos plantas por maceta.

PPT= plantas podadas en trasplante; DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

<sup>x</sup>Aplica únicamente para las plantas bajo el tratamiento de PPS y PPT.

<sup>z</sup> Datos tomados al final del ciclo de la planta.

Respecto al diámetro de tallo de producción (DTPP) en el primer muestreo (Cuadro 1), entre las medias de los tratamientos DPM y de PPT no se observan diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ), pero sí entre las de éstos y la de la mayor (UPM, 0.9 cm) y la más pequeña (PPS, 0.6 cm). En el segundo muestreo el comportamiento de las medias de DTPP fue aproximadamente el mismo que el primero.

Gou *et al.* (1990), trabajando con plantas de jitomate con tallos doblemente bifurcados, encontraron que el diámetro del vástago desde el segundo hasta el cuarto tallos eran similares pero estadísticamente mayores que el de las plantas con un solo tallo. Este comportamiento únicamente se observa en el segundo muestreo con las plantas PPT respecto a las de una planta y dos planta con maceta del presente estudio. Por el contrario, PPS siempre produjo las medias más pequeñas del primer muestreo.

En diámetro (DTP) y altura del tallo principal (ATP) en los dos muestreos el comportamiento estadístico de las medias fue igual: las plantas podadas al trasplante (PPT) superaron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) a las podadas en semillero (PPS).

En cuanto al diámetro del pedúnculo de racimo floral (DPRF), en el primer y segundo muestreos no hay diferencia entre las medias de UPM, DPM y PPT ( $\alpha \leq 0.05$ ); pero todas éstas superan a la de PPS (0.23 cm).

En el primer muestreo, el diámetro promedio de peciolo de hoja inferior (DPHI) de las plantas individuales por maceta (UPM, 0.5 cm) y de las del DPM (0.5 cm)

fueron superados significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) por el de las plantas PPT (0.6 cm) por 10.77 %. Pero el DPHI de PPS fue superado por el de todos los demás ( $\alpha \leq 0.05$ ). En el segundo muestreo, las medias de UPM, DPM y PPT no difirieron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ); pero superaron a las de PPS.

En el primer muestreo, las cuatro medias de número de hojas al primer racimo (NHPR) difirieron estadísticamente ( $\alpha \leq 0.05$ ), y el orden de magnitud fue: UPM (7.2), DPM (6.4), PPT (5.2) y PPS (4.5). En el segundo muestreo la media de UPM no difirió significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) de las de DPM y PPT pero éstas sí difirieron entre sí. Por otro lado, la media de las plantas podadas en semillero (PPS) fue superada por las tres medias restantes.

En los dos muestreos, el número de flores del primer racimo (NFPR) fue similar; las plantas del tratamiento de UPM, PPT y DPM no difirieron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) pero superaron a PPS.

El mayor desarrollo vegetativo de las plantas de jitomate sometidas a los tratamientos PPT, DPM y UPM, en comparación con el desarrollo de las PPS, se debe a que desde el inicio de su ciclo vegetativo se encontraron bajo competencia de luz, tanto por los tallos de la misma planta como por las plantas de los otros tratamientos, y el sombreo y las altas temperaturas estimulan la síntesis de auxina en las partes jóvenes de las plantas como los meristemas, que provocan un ablandamiento y desarrollo celular que genera mayor desarrollo de los tallos (Salisbury y Ross, 2000). Algunos investigadores coinciden en que al reducir el espaciamiento entre plantas se aumenta la

competencia por luz y se alarga el tallo (Papadakis, 1980; Ganesan y Vijay, 2004),

La poda en semillero (PPS) produjo un desarrollo vegetativo diferente al del resto de las plantas del experimento, ya que las medias de las variables evaluadas en ambos muestreos como AP (37.3 y 69.4 cm), ATP (20.2 y 21.5 cm), DTPP (0.6 y 0.6 cm), DTP (0.5 y 0.7 cm), NHPR (4.5 y 4.5 hojas) y NFPR (5.0 y 5.2 flores) son menores y significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ), respecto a las de los otros tratamientos, con excepción de la longitud de raíz (LR) (27.3 cm) y volumen de raíces (VR) (43.3 ml) que no difirieron de las de los tres tratamientos restantes (Cuadro 1). Dichas características se deben a que en las plantas podadas en semillero (PPS) se eliminó la competencia por luz ya que las plántulas se separaron para evitar la dominancia apical de alguno de los dos tallos; y además la competencia de las hojas jóvenes en las primeras etapas de desarrollo, los primordios foliares y los meristemos apicales son fuentes de demanda de fotoasimilados (Hussey, 1963) que también limitaron el desarrollo vegetativo de las plantas podadas en semillero. Por otro lado, Went (1956 citado por Folquer, 1976) y Chamarro (1995) encontraron que el diámetro total del tallo y sus diferentes tejidos pueden ser afectados por factores ambientales y de manejo, así pues, las altas temperaturas (30°C) y luminosidad baja propician el crecimiento de tallos delgados.

#### 4.2. Efecto del tratamiento en el ciclo de producción

Respecto a la duración del ciclo de producción, las medias del tiempo de aparición del primero y segundo racimo floral en PPS (54.0 y 70.0 dds), DPM (54.4 y 70.4 dds) y UPM (54.1 y 70.1 dds) no difieren significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ). Estos tres tratamientos produjeron plantas que tardaron en entrar en la etapa de floración 68.0, 68.4 y 68.1 dds, respectivamente, y para iniciar la cosecha 138.9, 138.9 y 139.0 dds, respectivamente.

Las plantas podadas en semillero (PPS), a pesar de habérseles eliminado la dominancia apical no se desfasaron en su ciclo productivo respecto a las plantas a dos y a una por maceta (DPM y UPM) (Cuadro 2). De acuerdo con Calvert (1957), esto se debe a que la diferenciación floral suele iniciarse en las tres semanas siguientes a la expansión de los cotiledones (32 a 36 días después de la siembra). Por la etapa en la que se encuentra la planta al momento de la eliminación de la dominancia apical, la diferenciación y desarrollo del racimo floral no se afecta, debido a que esta actividad se realiza a los 18 días después de la siembra.

**CUADRO 2. Comparación de medias de cuatro sistemas de producción de jitomate en seis variables.**

| Tratamiento | DAPRF<br>(dds)      | DFPR<br>(dds) | DASRF<br>(dds) | DFSR<br>(dds) | INCOMC<br>(dds) | Rendimiento<br>(g.parcela <sup>-1</sup> ) |
|-------------|---------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|-------------------------------------------|
| UPM         | 54.1 b <sup>y</sup> | 68.1 b        | 70.1 b         | 85.1 b        | 139.0 b         | 670.4 c                                   |
| PPS         | 54.0 b              | 68.0 b        | 70.0 b         | 85.0 b        | 138.9 b         | 1000.8 ab                                 |
| D PM        | 54.4 b              | 68.4 b        | 70.4 b         | 85.4 b        | 138.9 b         | 1197.0 a                                  |
| P PT        | 78.8 a              | 92.8 a        | 94.8 a         | 109.8 a       | 159.0 a         | 898.4 b                                   |
| DMSH        | 1.3                 | 1.3           | 1.3            | 1.3           | 0.92            | 202.1                                     |

<sup>y</sup>Valores con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ).

DAPRF= días a aparición del primer racimo floral; DFPR=días a floración del primer racimo; DASRF= días a aparición del segundo racimo floral; DFSR=días a floración del segundo racimo floral; INCOMC=inicio de cosecha a madurez de consumo; dds=días después de la siembra; UPM= una planta por maceta; PPS= plantas podadas en semillero; DPM= dos plantas por maceta; PPT= plantas podadas en trasplante; DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

Por otro lado, las plantas de jitomate podadas en trasplante (PPT) necesitaron más tiempo para la aparición del primero y segundo racimos florales que las de los tratamientos UPM, DPM y PPS. El mismo comportamiento se observa para la floración (24.7 días de retraso de PPT respecto a las plantas de UPM). La cosecha de frutos del PPT se inició a los 19.95 días después de cosechar las plantas bajo el tratamiento de UPM (Cuadro 2). El desfase del ciclo productivo de las plantas podadas en trasplante (PPT) se debe a que en la planta hay yemas laterales en condición meristemática, que se activa con la eliminación de la dominancia apical causada por la aceleración de la síntesis de auxina que produce la eliminación de la dominancia apical de la planta (Hillman, 1984; Salisbury y Ross, 2000). Debido a esto, las plantas podadas reiniciaron su ciclo vegetativo 15 días después del trasplante.

En cuanto al comportamiento de la productividad, las plantas cultivadas a dos por maceta rindieron estadísticamente lo mismo que las podadas en semillero (Cuadro 2). Las plantas podadas en semillero tuvieron un rendimiento de fruto que no difirió significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) del de las plantas podadas al trasplante. El tratamiento de UPM produjo el rendimiento estadísticamente más bajo (670.4 g). Esto se debe a que al incrementar la población o el número de tallos aumenta la cantidad de frutos y ésta guarda una relación positiva con el rendimiento (Ucan *et al.*, 2005).

#### **4.3. Efecto del tratamiento en el comportamiento de vasos de xilema**

En el Cuadro 3 se observa que en el primer muestreo en el tallo principal (TP), evaluadas únicamente en los tratamientos PPT y PPS, en el primero y el segundo muestreo, no hay diferencia significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre el tamaño de los vasos del xilema de las plantas podadas al trasplante (PPT) y las podadas en semillero (PPS). Sin embargo, PPT superó a PPS en un 13.6 % en el primer muestreo y 19.1 % en el segundo muestreo.

Respecto a los vasos de xilema del tallo de producción (TPP), en una planta por maceta (UPM) fueron de mayor tamaño que los de las plantas en PPT y DPM, sin diferencia significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ). Sin embargo, sí hay diferencia significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) respecto a al de las plantas podadas en semillero (PPS) que a su vez no difirió significativamente del de PPT y DPM. En el segundo muestreo, las medias de los tratamientos no difirieron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre ellos (Cuadro 3).

**CUADRO 3. Efecto de los tratamientos en el área, perímetro y diámetro de vasos de xilema de las plantas de jitomate en cinco variables y dos muestreos.**

| TRAT                              | Primer muestreo |           |          |         |           | Segundo muestreo |          |          |         |         |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|----------|---------|-----------|------------------|----------|----------|---------|---------|
|                                   | TP*             | TPP       | PHI      | PRF     | PHS       | TP*              | TPP      | PHI      | PRF     | PHS     |
| UPM                               | -               | 2157.8 a  | 846.0 b  | 476.6 b | 1313.8 a  | -                | 1767.7 a | 877.6 b  | 646.6 a | 643.1 b |
| PPS                               | 1676.3 a        | 1509.8 b  | 753.8 b  | 358.2 b | 769.2 c   | 1569.3 b         | 1896.8 a | 697.7 b  | 437.3 a | 754.5 b |
| D PM                              | -               | 1694.3 ab | 795.6 b  | 877.1 a | 829.1 bc  | -                | 1882.8 a | 906.1 ab | 774.1 a | 729.6 b |
| P PT                              | 1941.9 a        | 1856.2 ab | 1437.2 a | 471.6 b | 1078.0 ab | 1939.8 a         | 1937.2 a | 1111.4 a | 469.4 a | 994.4 a |
| DMSH                              | 574.7           | 532.0     | 386.2    | 196.7   | 298.7     | 333.9            | 529.2    | 219.0    | 341.1   | 239.8   |
| Perímetro de vaso de xilema (nm). |                 |           |          |         |           |                  |          |          |         |         |
| UPM                               | -               | 168.5 a   | 44.9 b   | 31.2 c  | 134.2 a   | -                | 72.1 b   | 36.8 b   | 36.9 b  | 36.9 b  |
| PPS                               | 65.4 a          | 63.2 b    | 39.2 b   | 27.6 c  | 41.9 a    | 62.3 b           | 120.7 ab | 38.5 b   | 30.4 b  | 40.2 ab |
| D PM                              | -               | 65.5 b    | 42.4 b   | 106.5 a | 94.2 a    | -                | 71.8 b   | 46.3 b   | 79.7 a  | 39.7 b  |
| P PT                              | 72.9 a          | 72.5 b    | 103.9 a  | 57.7 b  | 48.4 a    | 158.3 a          | 159.7 a  | 92.2 a   | 31.5 b  | 49.7 a  |
| DMSH                              | 13.8            | 17.5      | 45.9     | 26.5    | 127.6     | 12.9             | 49.2     | 34.3     | 35.7    | 9.9     |
| Diámetro de vaso de xilema (nm).  |                 |           |          |         |           |                  |          |          |         |         |
| UPM                               | -               | 48.9 a    | 13.1 b   | 9.1 bc  | 39.1 a    | -                | 20.0 b   | 10.6 b   | 10.8 b  | 10.9 b  |
| PPS                               | 17.9 a          | 17.9 b    | 11.1 b   | 7.6 c   | 11.7 b    | 17.4 b           | 33.9 ab  | 10.9 b   | 8.4 b   | 11.4 b  |
| D PM                              | -               | 18.4 b    | 12.4 b   | 32.2 a  | 11.9 b    | -                | 20.0 b   | 13.3 b   | 23.2 a  | 11.4 b  |
| P PT                              | 20.6 a          | 20.1 b    | 29.8 a   | 16.8 b  | 14.2 b    | 45.1 a           | 45.6 a   | 26.1 a   | 8.9 b   | 14.3 a  |
| DMSH                              | 4.4             | 4.9       | 12.9     | 7.8     | 3.4       | 2.9              | 13.9     | 9.8      | 10.5    | 2.7     |

\*Valores con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ).  
 TP= tallo principal; TPP= tallo de producción; PHI= pedicelo de hoja inferior; PRF= pedúnculo de racimo floral; PHS= pedicelo de hoja superior; nm= nanómetros; nm<sup>2</sup>= nanómetros cuadrados; PPS= plantas podadas en semillero; DPM= dos plantas por maceta; PPT= plantas podadas en transplante; DMSH= diferencia mínima significativa honesta.  
 \*Aplica únicamente para los tratamientos PPS y PPT.

Los vasos de xilema del peciolo de la hoja inferior (PHI) presentan similares comportamientos en el primero y segundo muestreos; en ambos casos, las plantas podadas en trasplante (PPT) presentaron mayor tamaño de vasos de xilema que los tres tratamientos restantes ( $\alpha \leq 0.05$ ). La diferencia del segundo muestreo respecto al primero es que en las plantas podadas en trasplante (PPT) no difirió significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) respecto a dos por maceta (DPM).

Los tamaños de vasos de xilema del peciolo del racimo floral (PRF) de las plantas en UPM, PPS y PPT, no difirieron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ), pero sí de los de las plantas establecidas en dos por maceta (DPM). En el segundo muestreo no se encontró diferencias significativas tratamientos (Cuadro 3).

Respecto al peciolo de la hoja superior (PHS) en el primer muestreo, el tamaño de vasos de las plantas UPM y el de las podadas al trasplante (PPT) no difiere significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ), pero sí el de las podadas en semillero (PPS) y DPM. Y éstas a su vez no difirieron significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre sí. En el segundo muestreo las medias del tamaño de vasos del xilema de las plantas bajo el tratamiento UPM, PPS y DPM no difieren significativamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre ellas, pero sí de las medias de las PPT ( $\alpha \leq 0.05$ ) (Cuadro 3).

Respecto a los vasos de xilema en los diferentes partes muestreadas se observa que en las plantas individuales por maceta (UPM) en la etapa de floración correspondiente al primer muestreo, se observa que las zonas con

mayor tamaño de vasos de xilema fueron: 1) el tallo de producción (TPP) con  $2157.8 \text{ nm}^2$  de área, perímetro de  $168.5 \text{ nm}$  y diámetro de vasos en promedio de  $48.9 \text{ nm}$ , y 2) peciolo de la hoja inferior (PHS) en donde el área fue  $1313.8 \text{ nm}^2$ , perímetro de  $134.2 \text{ nm}$  y diámetro de  $39.1 \text{ nm}$ . En el segundo muestreo la zona con mayor tamaño de vasos de xilema fue el tallo de producción (TPP), cuyo promedio de área fue  $1767.7 \text{ nm}^2$ , con un perímetro de  $72.1 \text{ nm}$  y  $20.0 \text{ nm}$  de diámetro.

En las plantas podadas en semillero (PPS), en el primer muestreo, la zona de tallo principal (TP) y de tallo de producción (TPP) presentaron similares tamaños de vaso (Cuadro 3) pero más grandes que los del resto de las zonas muestreadas en la planta; y la zona que presentó menor tamaño de vasos fue el pedicelo de racimo floral (PRF) con  $358.2 \text{ nm}^2$ . En el segundo muestreo, el TP presenta mediciones similares de área que la del TPP, lo que no sucede con el perímetro y el diámetro promedio de los vasos. Para el TP los valores del vaso son 48 % más bajos que los de los vasos localizados en los tallo de producción (TPP), por lo que se infiere que el TP tiene más vasos por unidad de área pero de menor tamaño que los del TPP (Cuadro 3). Para el caso de las otras partes de la planta, el comportamiento en el segundo muestreo es similar al del primero.

En el tallo de producción (TPP) de las plantas establecidas en dos por maceta (DPM) se observó el mayor tamaño de vasos con un área de  $1694.3 \text{ nm}^2$  (Cuadro 3). También se observó que en el pedicelo del racimo floral (PRF) los valores del perímetro (38.5 %) y diámetro (42.9 %) fueron mayores que los del

tallo de producción (TPP) de lo que se infiere que los vasos del xilema son más pequeños y de forma irregular en PRF que en TPP. En el segundo y primer muestreo el mayor tamaño de vasos ocurrió en el tallo (TN) con comportamientos similares en el perímetro y diámetro. En pedicelo del racimo floral a pesar de ser de menor tamaño de vasos ( $774 \text{ nm}^2$  de área) presentó mayores valores en perímetro (79.7nm) y diámetro (23.2 nm), respecto a TPP, por lo que se infiere que los vasos de esta zona son de forma más irregular.

En el primer muestreo las plantas podadas en trasplante (PPT) presentaron mayor tamaño de vasos en el tallo principal (TP), con un área de  $1941.9 \text{ nm}^2$ , con  $1856.2 \text{ nm}^2$  en el tallo de producción (TPP), con  $1437.2 \text{ nm}^2$  en el peciolo de la hoja inferior (PHI), en tanto que en el peciolo de la hoja superior (PHS) el área fue  $1078.0 \text{ nm}^2$ . En cuanto a las formas de vaso, en TP y TPP son similares ya que tienen el perímetro y diámetro prácticamente iguales. En el PHS los vasos son más pequeños y de forma irregular, ya que tanto en el perímetro (48.4 nm) como en el diámetro (14.2 nm) son menores. Es notable que en el PHI los vasos son menos uniformes; esto se infiere por el perímetro promedio de vaso (103.9 nm) comparado con la proporción que mantiene el resto de las zonas muestreadas dentro de la planta. En el segundo muestreo, el tamaño y forma del tallo principal (TP) y el tallo de producción (TPP) son similares. El peciolo de la hoja inferior (PHI) presentó similares condiciones que en el primer muestreo ( $1111.4 \text{ nm}^2$ ), y formas irregulares de vaso.

No se han reportado trabajos con las características de la presente investigación; el tema es relativamente inédito. Hay algunos trabajos en poda, como el de Sánchez *et al.* (1999) quienes encontraron que la presencia de una

mayor área de floema y de tejido no vascular parece ser una consecuencia de la formación de tallos, pedúnculos y pedicelos gruesos. Además, Reyes-Santamaría *et al.* (2002) y Vasconcelos y Castle (1994) coinciden en que si el porcentaje de los tejidos vasculares se incrementa el diámetro de los vasos se reduce. Picken *et al.* (1986), reportaron que las condiciones de crecimiento, influye sobre el comportamiento del xilema, así en tallos delgados éste es más desarrollado.

## **5. CONCLUSIONES**

La poda de plantas en semillero (PPS) reduce el tamaño de planta y grosor del tallo. Por otro lado, la poda al trasplante (PPT) produce las plantas de mejor porte.

Las plantas podadas en semillero (PPS) no afecta el ciclo productivo ya que las plantas generadas con dos tallos tuvieron un comportamiento similar al de las plantas sembradas de a dos (DPM) y a una (UPM) por maceta. Sin embargo, PPT retarda la floración, amarre de fruto e inicio de cosecha, y aunque su rendimiento no difiere significativamente del de PPS.

La ausencia de significancia de la diferencia de las medias de rendimiento de fruto de DMP, PPS y PPT sugiere que el uso de plantas con ramas bifurcadas mediante poda puede reducir los costos al reducir el empleo de semilla al 50% y tienen el mismo comportamiento que las manejadas convencionalmente.

La síntesis de auxinas, por deficiencia de luz y altas temperaturas, promovió mayor tamaño de vasos de xilema en las plantas bajo el tratamiento de plantas podas del meristemo apical en trasplante (PPT) en el tallo principal (TP), tallo de producción (TPP), peciolo de la hoja inferior (PHI) y en el peciolo de la hoja superior (PHS). Dicho comportamiento no se observa en los tres tratamientos restantes.

## 6. LITERATURA CITADA

- Adams, M.W. 1982. Plant architecture and yield breeding. *Iowa State Journal of Research*. 56(3): 225-254.
- Bailey, I.W. 1954. Contributions to plant anatomy. Waltham, Mass., U.S.A. Published by the Chronica Botanica Company. Pp 127-138.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. A.G.T. Editor. 784 p.
- Calvert, A. 1957. Effect of the early environment on development of flowering in tomato. I. Temperature. *J. Hort. Sci.*, 32: 154 – 162.
- CHamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. *in*: NUEZ, F. El cultivo del tomate. Edit. Mundi-Prensa, Barcelona, España. Pp. 43-19.
- Cockshull, K.E.; HO, L.C. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *Journal of Horticultural Science* 70(3): 395-407.
- Curtis, P. J. 1986. Microtecnia Vegetal. Editorial Trillas. pp 20–21.
- Degiglio, M.A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA. *Acta-Horticulturae* 611: 91-92.
- Donald, C. M.; Hamblin, J. 1983. The convergent evolution of annual seed crop in agriculture. *Adv. Agr.* 36:97-143.
- Donald, C.M. 1968, The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*. 17:385-403.
- Folquer, 1976. El tomate: estudio de la planta y su producción. 2da. ed. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina, 104p.
- Ganesan, M.; Vijay, R.S. 2004. Case study on increasing tomato productivity in a Low cost naturally ventilated greenhouse with different spacing. Scientist, JRD Tata Ecotechnology Center M. S. Swaminathan Research Foundation. 3rd Cross Road, Taramani Institutional Area, Chennai – 600 113.
- Guo, F.C; Fujime, Y.; Hirose, T.; Kato, T. 1990. Effects of the number of training shoots, raising period of seedlings and planting density on growth, fruiting and yield of sweet pepper. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59: 763-770.

- Hernández, G.V.M.; Sánchez, C. F.; Espinosa; R.P. 1991. Respuesta a la distancia de plantación y tipo de poda en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero rústico. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15: 23-24.
- Hillman, J.R. 1984. Apical dominance *in*: Advance plant physiology. Wilkins M.B. Pitman Publishing Inc. pp 126-148.
- Ho, L.C. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. Plant growth Reg. 2:277-285.
- Ho, L.C.; R.I. Grange and A.F. Shaw. 1989. Source/sink regulation. In: transport of photoassimilate. Baker D.L. and J. Milburn, eds. Longman, London England. Pp. 709-728.
- Hussey, G. 1963. Growth and development in the young tomato. I. Effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordial. Journals Exp. Bot., 14:316-325.
- Kinet, J.M. 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. Sci. Hort., 6:15-26.
- Kool, M.T.; Berentzen, W.T.J.; Van de Pol; P.A. 1991. Formation and early development of bottom breaks in "Motrea" roses. Scientia Horticulturae. 48(3-4):293-298.
- Kohashi, S.J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp 19-34.
- Lara, H.A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo. México 17(003): 221-229.
- Mendoza, L.U.A. 1995. Evaluación de 15 variedades precoces e intermedias de jitomate. Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 121 p.
- Meza, C.E. 2005. Relación entre altura y características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de 39 segregantes de aguacatero "colín V-33". Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Chapingo, México. 72 p.
- Nederhoff, E.M.; DE Koning, A.N.M.; Rijdsdijk, A.A. 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by CO<sub>2</sub>, plant density and pruning. Journal of Horticultural Science 67(3): 411-420.

- Nijsee J.; Van der Heiden G.W.A.M.; Van Leyeren, W.; Keijzer, C.J.; Van Meeteren, U. 2001. Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrysanthemum stems. *Journal of Experimental Botany*, No. 355, 52: 319-327.
- Nobel, P.S. Y Long S.P. 1988. Estructura del dosel e intercepción de luz. *In: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad*. Coombs, J.; Hall, D.O.; Long S.P.; Scurlock J.M.O. (editores). Edit. Futura S.A. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 34-41.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. Pp.
- Papadakis, J. 1980. Ecología de Cultivos, Pasturas y Suelos. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 283 pp.
- Peill, M.N.R; Gálvez, J.L. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira* 22(2).
- Picken, A.F.; Steward, F; Klapwijk, D. 1986. Germination and vegetative development. *In: Atherton J.G.; RUDICH, J. (Eds) The tomato crop*. Chapman and Hall Ltd. New York, EUA. pp. 111-165.
- Raven, H.P.; Evert, R.F.; Eichhorn, E.E.S. 1992. Biología de las plantas. Ed. Reverte S.A. Barcelona, España. 369 p.
- Resh, H.M. 2004. Cultivos hidropónicos. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Reyes, S. I., Terrazas, T., Barrientos, A.F., Trejo, C. 2002. Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. *Scientia Horticulturae* 92:97-105.
- SAGARPA. 2009. En electrónico [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx).
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 2000. Fisiología de las plantas. vol.1.: Células: agua, solución y superficie. Ed. PARANINFOS. Madrid, España. 305p.
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 2000. Fisiología de las plantas. vol.3.: Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Ed. PARANINFOS. Madrid, España. pp 529-988.
- Sánchez, C.F.; Escalante, R.E.R. 2001. Un sistema de producción de plantas Hidroponía: principios y métodos de cultivo. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 119-151.

- Sánchez, C.F.; Ortiz, C. J.; Mendoza, C. M.C.; González, H. V.; Colinas, L. M.T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de Jitomate para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia*. 33 (1) 21-29.
- Sánchez, C.F.; Ponce, J.O. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(2): 89-94.
- Sánchez, R.F.J.; Moreno R. A.; Puente M. J.L.; Araiza C.J. 2004. Producción de tomate en invernadero. IV Simposio Nacional de Horticultura. Torreón Coahuila, México.
- Sedgley, R.H. 1991. Appraisal of the Donald ideotype after 21 years.. *In*: Scagel, C. 2003. Growth and nutrient use of ericaceous plants grown in media amended with sphagnum moss peat or coir dust. *Field Crops Research*. 26:93-112.
- Stanley C.D.; Geraldson C.M. 2001. Prácticas de cultivo *in*: Plagas y enfermedades del tomate. J. B. Jones. The American Phytopathological Society. Ed. Mundi-Prensa Madrid, España. pag. 7.
- Ucan, C.I.; Sánchez, C.F.; Contreras, M.E.; Corona, S.T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 28(001): 33-38.
- Vasconcellos, L. A.B.C.; Castle, W.S. 1994. Trunk xylem anatomy of mature healthy and blighted grapefruit trees and several rootstocks. *Journal of American . Society. for Horticultural Science*. 119 (2): 185-194.
- Wilson, J.W. 1972. Control of crop processes. *In*: Crop processes in controlled environments. Rees, A.R. (Ed.) Academic Press. New York, EUA. pp. 7-30.

## 7. ANEXO

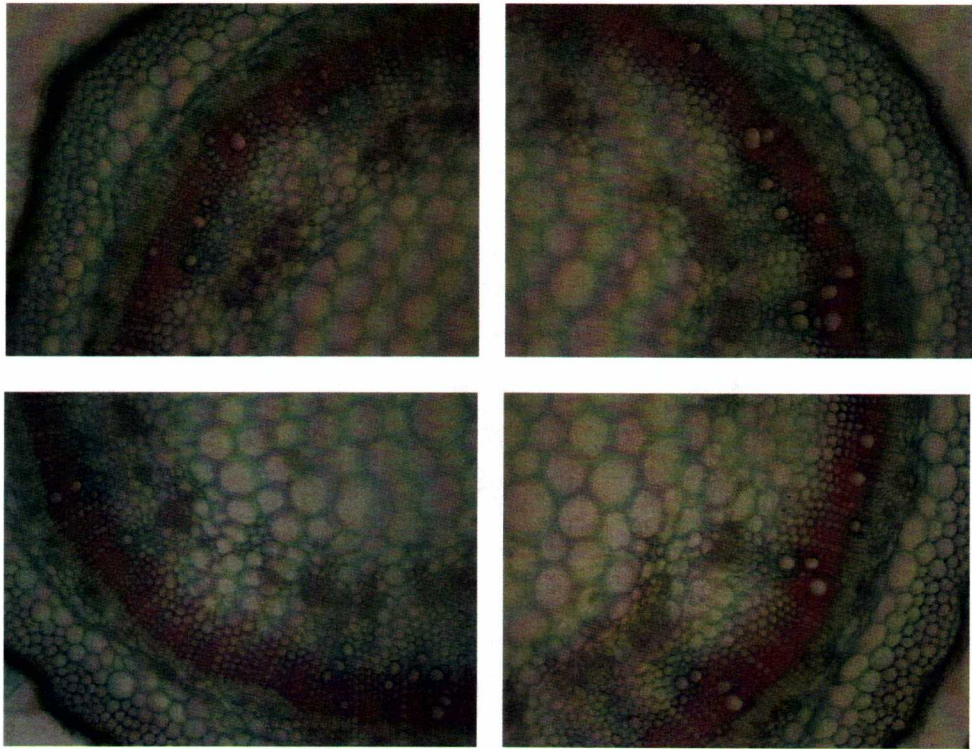


Imagen 1. Corte anatómico transversal de pedicelo de racimo floral.

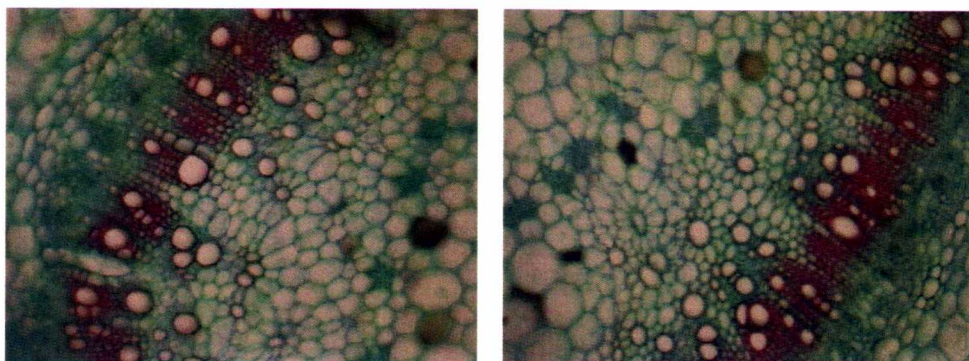
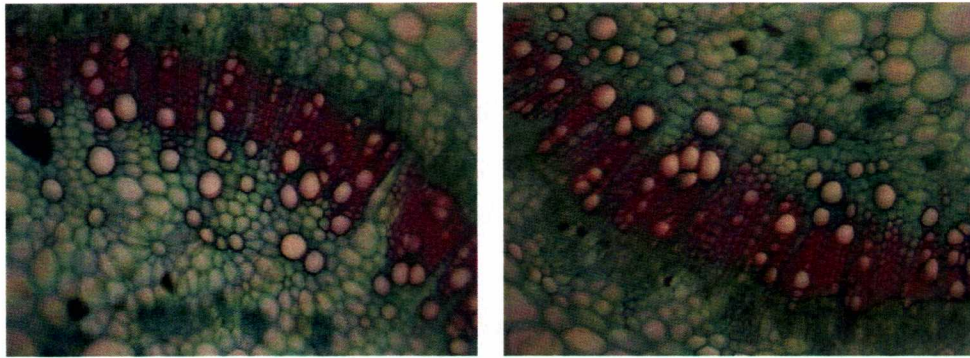
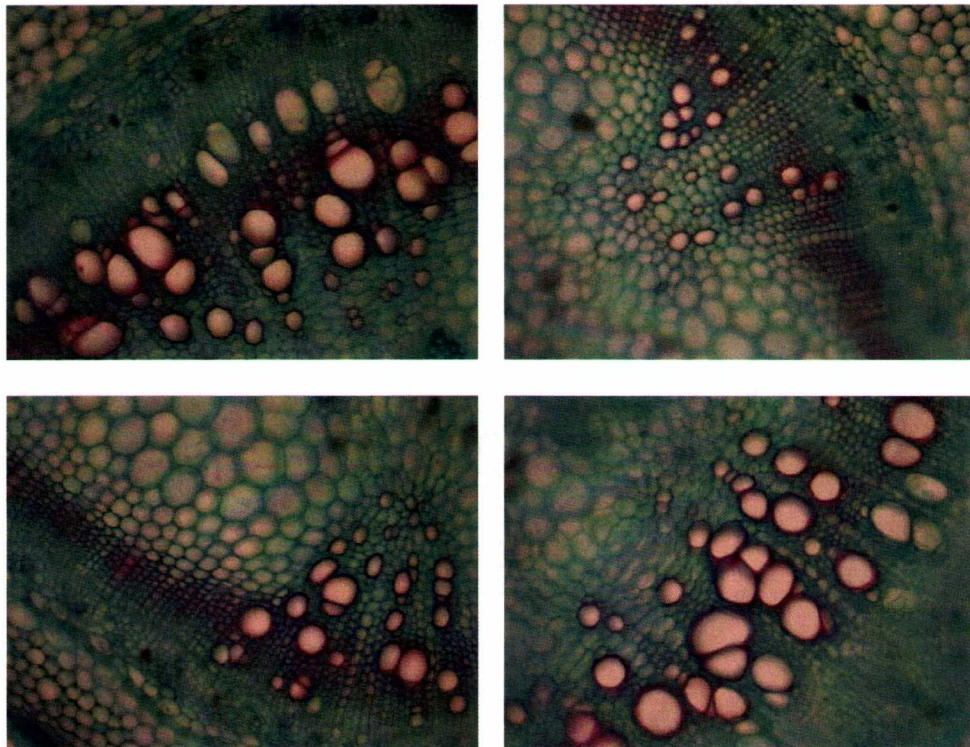


Imagen 2. Corte anatómico transversal de peciolo de hoja inferior.



**Imagen 3. Corte anatómico transversal de peciolo de hoja superior.**



**Imgen 4. Corte anatómico transversal de tallo**