

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE CONSIDERANDO
CRITERIOS FISIOLÓGICOS, FENOLÓGICOS Y DE RENDIMIENTO,
BAJO CONDICIONES DE ALTA TEMPERATURA, EN INVERNADERO**

Mariano Guerra Hernández¹
Fernando Borrego Escalante²
Arnoldo Oyervides García²
José Manuel Fernández Brondo²

Alumno de maestría en Fitomejoramiento¹
Profesores investigadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro²

RESUMEN

Se evaluaron doce genotipos de tomate con amplia diversidad genética, de abril a octubre de 1993, bajo condiciones de producción intensiva y alta temperatura, en invernadero. Para efectuar los análisis estadísticos correspondientes las variables en estudio se agruparon en variables fisiológicas y fenológicas, y en cuantitativas y cualitativas del rendimiento.

Las variables fisiológicas: fechas de evaluación y posición de la hoja mostraron efectos altamente significativos en fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y uso eficiente de agua. Los genotipos mostraron diferencias significativas respecto a fotosíntesis y transpiración, y altamente significativas en uso eficiente de agua. Al comparar las medias de las variables fisiológicas, los genotipos Montecarlo, Israel y Floradade fueron los de más alta fotosíntesis. Para el factor hora del día, fotosíntesis, uso eficiente del agua y conductancia estomática alcanzaron el más alto valor medio, por la mañana; transpiración alcanzó Este máximo valor al medio día. Para las variables fenológicas, los mejores genotipos para número de días en cosecha fueron el Sunny y el Montecarlo. En las variables cuantitativas del rendimiento para número de frutos por planta, el mejor genotipo fue Pixie Hibrid II ; para peso promedio de frutos fue el Supersteack, y para número de cortes por planta, el mejor fue el Montecarlo. Los análisis estadísticos indicaron que el mejor genotipo para variables cualitativas del rendimiento en grados Brix fue el Supersteack. Se detectaron correlaciones positivas y significativas entre días a última cosecha y kg/planta, entre transpiración y rendimiento, y entre otros pares de variables. El análisis de senderos encontró que fotosíntesis y transpiración presentaron un efecto directo muy alto sobre rendimiento,

con una alta correlación positiva. En general, las variables que más inciden sobre el rendimiento son número de días en cosecha, fotosíntesis, transpiración y número de frutos por planta. El genotipo 83 (Floradade) y el 34 (Celebrity) fueron los mejores.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill, fotosíntesis, transpiración, correlaciones, rendimiento, variables.

ABSTRACT

12 Tomatoes genotype with wide genetic diversity were evaluated from April to October 1993, under intensive production conditions and under high temperature in *greenhouse*. For taking effect on statistical analysis correspondent to group the variables under study in :phenologics variables, physiologics, quantitatives and qualitatives of the yield. In physiologic variables, dates of evaluation and leaf position showed effects highly significatives in Photosynthesis, Transpiration, Stomatal Conductance and Efficient Use of Water. Genotypes showed significative differences for photosynthesis and transpiration, and highly significative for efficient use of water. In the comparison of means for physiologic variables, the genotypes Montecarlo, Israel and Floradade, were those of highest Photosynthesis. For the factor day hours, Photosynthesis, Efficient Use of Water and Stomatal Conductance, reached the highest medium worth for de morning. Transpiration reached the highest worth at noon. For the phenologic variables, the best genotypes for number of days in harvest, were Sunny and Montecarlo. In quantitative variables of yield, for number of fruits for plant the best genotype was Pixie Hybrid II. For middle weight fruits was the

genotype Supersteack, and for number of cutting for plant the best was the genotype Montecarlo. Positive and significative correlation were detected between days at last harvest and kilograms for plant and between transpiration and yield and between others pairs of variables. The path analysis, found that photosynthesis and transpiration presented a direct effects very high an yield, with a high positive correlation. In general, the variables that most to influence yield were number of days in harvest, photosynthesis, transpiration and number of fruits for plant. The genotypes 83 (Floradade) and 34 (Celebrity) were the best.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, photosynthesis, transpiration, correlations, variables, yield.

INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los cultivos hortícolas que más se siembran en México, que se consume mucho en el norte del país. Sin embargo, para las regiones del norte no existen variedades de tomate específicas, pues las investigaciones se circunscriben a pruebas de adaptación de cultivares extranjeros, de semilla de alto precio. Un problema subsecuente es la poca variabilidad genética, que se traduce en susceptibilidad a plagas y enfermedades, así como en aborción de flores por altas temperaturas.

Por tal motivo, es necesario producir en estas regiones variedades para explotación con alta tecnología, para así aumentar la rentabilidad, sobre todo en los meses críticos de altos precios, pues las heladas impiden la explotación después de noviembre.

Como la apertura de nuevas áreas al cultivo es cada vez menor y muy costosa, cada vez adquiere más importancia la producción de hortalizas en invernadero, por lo que se debe invertir en trabajos experimentales que tengan como finalidad hacer evaluaciones de variedades de tomate, para producirlas intensivamente en invernaderos.

Estas investigaciones deben incluir evaluaciones de germoplasma a fin de determinar sus características morfológicas y fisiológicas, y así utilizar la información para determinar y recomendar los pasos a seguir en un programa de mejoramiento genético, que permita aprovechar el germoplasma como progenitores.

El presente trabajo busca, tomando en cuenta todo lo anterior, desarrollar la evaluación de 12 genotipos de tomate bajo producción intensiva en invernadero y obtener la información que para determinar los genotipos con buen comportamiento y rendimiento bajo condiciones similares a las regiones semiáridas del norte de México, como temperaturas elevadas durante el día y bajas por la noche, por lo que se plantean las siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos: a) Evaluar comparativamente aspectos fenológicos, fisiológicos, cuantitativos y cualitativos del rendimiento de 12 genotipos de tomate, representativos del banco de germoplasma de fisiotecnia de la UAAAN. b) Correlacionar variables evaluadas y rendimiento, para recomendar a los genotipos promisorios en futuros trabajos de mejoramiento genético.

Hipótesis: **A)** Existe diversidad genética en los materiales de tomate bajo estudio. **B)** Los genotipos de tomate expresarán diferencias en aspectos fenológicos y fisiológicos, así como en rendimiento y componentes cuantitativos y cualitativos. **C)** Las diferencias fisiológicas entre genotipos dan una explicación del metabolismo basal de cada uno, y de su respuesta bajo condiciones intensivas de producción en invernadero. **D)** Es posible encontrar altas correlaciones y efectos directos entre rendimiento y variables fisiológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización y cumplimiento de los objetivos de este trabajo, se utilizó el invernadero No. 6, y el laboratorio de Fisiotecnia que se encuentran en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado al sur de la Ciudad de Saltillo, Coah., con una latitud de 25° 22' N, longitud de 101° 00' W, altitud de 1742 m y temperatura promedio anual de 19.8°C (Mendoza, 1984).

Se utilizó material genético de 12 genotipos de tomate que se seleccionaron del banco de germoplasma de Fisiotecnia: S-36 Mid-Season (Genotipo 11), S-39 Mid-Season (Genotipo 14), Pole Boy (Genotipo 21), Celebrity (Genotipo 34), Río Grande (Genotipo 59), Sunny (Genotipo 66), Montecarlo (Genotipo 71), Floradade (Genotipo 83), Burpee's Super Steak (Genotipo 118), Pixie Hybrid II (Genotipo 119), Pomodoro Hybrid 882 (Genotipo 134), Boa (Genotipo 137).

La preparación del suelo, producción de plántulas, fertilizaciones, riegos, podas, fumigaciones y todo lo inherente al manejo del cultivo se efectuó tal y como se recomienda para este cultivo.

El trasplante se realizó el día 4 de junio de 1993, a una distancia de 20 cm entre planta y planta, y 60 cm entre hileras, en cada cama, con dos repeticiones en bloques al azar. Las plantas de hábito indeterminado se separaron y colocaron en una sola cama, con su respectiva repetición en otra.

Las cosechas se realizaron manualmente. Del total de plantas de cada genotipo, se cosecharon sólo tres plantas intermedias con competencia completa, que se identificaron con la fecha, el No. de genotipo, la cantidad de frutos por bolsa y el No. de repetición. Posteriormente, el producto de las cosechas se llevó al laboratorio. Una vez identificado en laboratorio, se pesó en una báscula, se midió con una forcípula y se clasificó de acuerdo a su coloración. Esto se hizo para cada cosecha. Se realizaron 17 cosechas entre el 3 de agosto y el 21 de octubre de 1993 y en todas se consideró el peso, la calidad y el tamaño del fruto por cada genotipo. Para determinar días a primer corte, se realizó un conteo de días a partir de la fecha del trasplante, al primer corte de todos y cada uno de los genotipos, y así se determinó su precocidad. Para días en cosecha, con el registro de la primera cosecha hasta la última, se calculó el número de días en producción. También se determinaron, por genotipo, los días o intervalos que no tuvieron producción.

Aunque las temperaturas máximas y mínimas tuvieron mucha influencia en la producción, se registraron temperaturas de 38°C, y hubo genotipos que no las toleraron, lo que se expresó en su poca o nula producción.

Durante el período de producción, se efectuaron pruebas de laboratorio para determinar el contenido de vitamina C, °Brix y pH en los frutos de cada genotipo; este procedimiento se efectuó sólo en una ocasión para cada repetición de cada genotipo. Las

pruebas se efectuaron en frutos clasificados de acuerdo a su coloración como número 4 (rojos).

El LI-COR 6200, (Li-Cor Inc. 1990, Nebraska, E.U.) sistema de fotosíntesis portátil, es un instrumento para medir intercambio de CO_2 de las hojas con la atmósfera. La tasa fotosintética neta se calcula usando estas tasas de cambios y algunos otros factores tales como área de la hoja utilizada, volumen de la cámara, volumen del sistema, temperatura y la presión atmosférica a la que se está trabajando, según instructivo del instrumental. Las mediciones con el LI-6200 fueron seis en total: la primera se realizó el 28 de julio, la última el día 12 de octubre, y hubo un intervalo de 15 días, en promedio, entre lectura y lectura. Cada una de las lecturas efectuadas comprendió tres evaluaciones en tres horas diferentes del día: mañana (9:00 hr.), medio día (12:00 hr.) y tarde (15:00 hr.). Las mediciones con el Li-6200 arrojaron datos sobre fotosíntesis neta ($\text{m}^3 \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) y uso eficiente de agua ($\text{g CO}_2/10 \text{ l}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

Diseño experimental para aspectos fenológicos y rendimiento

Se usó un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones, con cinco plantas por repetición de la parcela experimental y las tres del centro, con competencia completa para la parcela útil. Una vez realizado el análisis de varianza, en aquellas variables en que se encontraron diferencias significativas, se efectuó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para determinar las diferencias entre tratamientos.

La determinación del rendimiento se efectuó acumulando el rendimiento en cada

cosecha y cada genotipo, que luego se dividió entre tres, que fue el número de plantas de la parcela útil.

Análisis estadístico

La evaluación estadística de los datos obtenidos de los diferentes genotipos para rendimiento y aspectos fenológicos, se realizó bajo el siguiente modelo, considerando igual número de repeticiones en cada tratamiento:

Coefficiente de variación :

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} (100)$$

Prueba de DMS:

Diseño experimental para aspectos fisiológicos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en el cual los intervalos de evaluación fueron: 54, 70, 84, 98, 116, y 130 días después del trasplante, bloqueados en el tiempo, para mantener las diferencias entre bloques, que se supone existen entre las diversas fechas de evaluación. Esta manera de agrupamiento es una herramienta utilizada

para simplificar los análisis estadísticos de mediciones sucesivas en el tiempo (Mc Avoy y Janes, 1989).

Análisis estadístico

Para analizar estadísticamente los datos obtenidos mediante las lecturas con el LI-6200 se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres factores en arreglo de parcelas subdivididas, donde la parcela mayor son los genotipos; la menor son la posición de la hoja, dentro de esta se ubica la hora del día en que se tomó la lectura. Todo esto bajo el siguiente modelo estadístico (Gómez y Gómez, 1984):

$$Y_{ijkl} = \mu + \theta_l + \alpha_i + E_{il} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + E_{ijl} + \delta_k + \alpha\delta_{ik} + \beta\delta_{jk} + \alpha\beta\delta_{ijk} + E_{ijkl}$$

Para las variables en estudio se estimó el coeficiente de correlación, utilizando la siguiente fórmula:

Para los tratamientos e interacciones donde se encontraron diferencias significativas, se determinaron diferencias de medias por la prueba de DMS, utilizando las fórmulas adecuadas (Gómez y Gómez, 1984)

Para cada variable bajo estudio: cuantitativa, cualitativa, fenológica y de rendimiento, se efectuaron correlaciones con base en la media por genotipo. Como la idea fue cuantificar la proporción en que cada variable participaba en el rendimiento, y como la correlación solo expresa el grado de asociación directa entre cada componente del

rendimiento, y no la correlación existente entre ellos (Zamora, 1992), se aplicó la técnica de Wright (1921) conocida como "Coeficiente de sendero" para determinar y analizar la relación causa-efecto entre este grupo de variables bajo estudio (Reyes y Andrade, 1991).

La obtención de los coeficientes de sendero se desarrolló con el auxilio del paquete MATLAB (Reyes, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe considerable variabilidad en las tasas de fotosíntesis entre los diversos grupos de plantas. Una cierta cantidad de esta variación, según Fernández, (1992) es debido a bases bioquímicas.

Esto también lo confirman Palmer y Goldsworthy (1971), que proponen un incremento de la actividad fotosintética de hojas individuales para incrementar rendimientos biológicos; y Mahon y Hobbs(1981), que proponen que la tasa de intercambio de CO₂ tiene una alta heredabilidad, sugiriéndola como un posible criterio de selección. De acuerdo a esto, el genotipo 71 es un material digno de tomarse en cuenta en programas de mejoramiento, ya que tuvo la tasa de fotosíntesis neta más alta, de 11.107 m³mol CO₂ m⁻² s⁻¹.

Por último, Radin E.A. (1988) propone que individuos con una alta correlación de fotosíntesis neta y conductancia estomática pueden usarse en programas de selección o mejoramiento basado en el intercambio de gases, lo que permite afirmar que es posible la

utilización de criterios de selección como fotosíntesis y transpiración en un programa de mejoramiento, lo cual coincide con Crosbie et al. (1981), que proponen el uso de la fotosíntesis foliar para mejoramiento por selección recurrente en maíz, aunque Mehta y Sarkorn (1992), mencionan que no siempre la alta fotosíntesis está relacionada con altos rendimientos.

La expresión de cada uno de los materiales fue debido a su contenido genético específico, confirmando lo anterior la existencia de una amplia variación con respecto a patrón de fructificación, profundidad de raíz, conductancia estomática, tasa de transpiración, área foliar, espesor, forma y frecuencia de estomas y tasa de fotosíntesis, confirmando lo anterior con los trabajos de Ray *et al.* (1974) en algodón.

La transpiración fue mayor a medio día que a cualquier otra hora del día, mientras que el uso eficiente del agua alcanzó su mayor valor por la mañana. La conductancia estomática siguió el mismo comportamiento y fotosíntesis se comportó de la misma manera. Esto último lo reporta Bar-Tsur, *et al.* (1985), que indica que el valor máximo de fotosíntesis se alcanzó a las 10 de la mañana, y que la conductancia estomática alcanzó su máximo al medio día, igual que la tasa de transpiración, lo cual no difiere con nuestros resultados, ya que las elevadas temperaturas del medio día provocaron una alta transpiración a esta hora del día; cuando esto ocurre, se pierde el equilibrio idóneo salida de agua - entrada de CO₂, pues se alteran los procesos fisiológicos debido a las altas temperaturas.

El cultivo del tomate en invernadero se estableció con una distancia entre plantas de 20 cm, ya que según Rodríguez y Lamberth (1975) el espaciamiento entre plantas en invernadero es el principal determinante de la tasa fotosintética, que es más alta en plantas

con espacios abiertos, ya que hay mayor penetración de luz en hojas basales, menor sombreado y menos competencia por luz. Los resultados confirmaron lo anterior, ya que la fotosíntesis neta fue mayor en la hoja superior del dosel que en la hoja inferior; este mismo patrón lo siguieron: uso eficiente de agua, transpiración y conductancia estomática, y lo reafirman los resultados que obtuvieron Papadópulos y Douglas (1988), al estudiar el efecto de cuatro espaciamientos en tomate, lo cual confirma que en espacios abiertos existe mayor tasa de fotosíntesis neta por una mayor iluminación, aunque en producciones intensivas en el noreste de México, el tomate se establece a distancias entre plantas de 15-20 cm, lo que permite concluir que puede tratarse de una característica diferencial del genotipo para responder más eficientemente.

Se puede aseverar, entonces, que la producción comercial intensiva de tomate en invernadero, la cual forzosamente se lleva a cabo en pequeños espacios, requiere materiales genéticos que tengan buena respuesta bajo estas condiciones en fotosíntesis neta, uso eficiente de agua, transpiración y conductancia estomática.

Todo lo anterior puede encontrarse en los materiales evaluados, ya que existe una amplia variabilidad genética. En futuros trabajos, el objetivo principal debe ser discriminar los materiales para seleccionar aquéllos que utilicen más eficientemente la radiación fotosintéticamente activa, que llegar a la planta cuando se establece en espacios cerrados.

Con respecto a los genotipos, en kg/planta no hubo significancias estadísticas, lo cual difiere con lo obtenido por Aspeitia (1994), que al evaluar algunos de estos mismos materiales en invernadero, encontró gran variabilidad en cada uno de los parámetros evaluados.

Esta no significancia entre genotipos para rendimiento es influida por el coeficiente

de variación presente (37.01), lo que indica una alta desviación standard por unidad experimental, de acuerdo con Little y Hills, en 1985.

El genotipo 83 fue el de más alto rendimiento (2.784 kg/m²) con 66 días en cosecha y al ser de hábito determinado, de acuerdo a Elkind *et al.* (1991); se recomienda su explotación al aire libre para el mercado industrial, además de que produce un fruto de buen tamaño en forma de bola.

El genotipo 71 fue el más rendidor entre los de hábito indeterminado, por lo que se puede recomendar, de acuerdo con Elkind *et al.* (1991) para su explotación en huertos familiares, invernaderos o en espacios cerrados, ya que es el que más cortes/planta permitió y, además, es el que duró más días en cosecha (70.5).

Durante el desarrollo de este experimento se presentaron temperaturas altas, por lo que todos los procesos fisiológicos y amarre de flores del cultivo fueron afectados, lo que influyó en el rendimiento final; este factor debe tomarse en cuenta al momento de analizar los resultados, pues según Folquer (1976), Casseres (1981), la temperatura afecta notablemente los procesos fisiológicos para el desarrollo favorable de la planta. Lipss *et al.* (1990), menciona que la calidad del tomate depende de la temperatura y de caracteres inherentes a la variedad. De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que el genotipo más rendidor (el 83, con 2.78 kg/planta) tuvo el mejor comportamiento bajo condiciones de altas temperaturas, y además fue el que presentó también los valores medios más altos en transpiración, el segundo mayor en fotosíntesis y el tercero más alto con respecto a conductancia estomática.

En cuanto al contenido de vitamina C, Folquer, (1976) reporta un promedio

de 21 mg/100 g para el fruto del tomate. En este trabajo, el mayor valor de esta variable cualitativa fue el del genotipo 83, con 12.32%. Las diferencias entre el valor promedio reportado y el valor medio obtenido, en general, en todos los materiales, pudo haberlas ocasionado el grado de madurez en que se efectuó la medición, de acuerdo con Wells y Buitelar (1989), que encontraron que para incrementar el contenido de sólidos solubles es importante reducir el tiempo de madurez del fruto.

Con respecto al contenido de azúcares (°Brix), el mismo Folquer, (1976) reporta un valor promedio de 4 % de azúcares en tomate, y Gull, (1989) concluye que el sabor del tomate se relaciona ampliamente con el contenido de azúcar y ácido. En este aspecto, la variable °Brix medida en el genotipo 118 fue la más alta, con 7.5 por ciento de azúcares, por lo que este genotipo se puede utilizar como un posible material para explotarse industrialmente ya que, según Dali *et al.* (1992), la industria para el procesamiento de tomate pide un alto contenido de sólidos solubles en sus materiales.

El mismo Folquer (1976) recomienda variedades de tomate con un alto grado de ácidos en su fruto para la industria procesadora; de acuerdo a esto, se puede recomendar al genotipo 71 como promisorio, ya que en pH fue el más alto, con 4.6.

Para Fernández (1992) los componentes del rendimiento deben expresarse en unidades de peso sobre un área determinada, por lo que propone como principal componente de rendimiento, a peso de fruto/m²; de acuerdo a los resultados de este experimento, se propone como principales componentes del rendimiento de tomate al No. de días en cosecha, a la fotosíntesis, a la transpiración y al No. de frutos/planta.

De acuerdo con lo anterior, coincidimos con Pasternak *et al.* (1979), Toovey

(1965) y con Fernández (1992), quienes proponen como uno de los principales componentes del rendimiento, al No. de frutos/planta.

Las correlaciones de algunas variables con rendimiento, a pesar de ser positivas y estadísticamente significativas, no aseguran que su uso como un mecanismo alterno para selección sea efectivo. Por ejemplo, transpiración y rendimiento muestran una correlación positiva y altamente significativa ($r = 0.697$), pero el bajo valor de r indica que sus efectos no son lineales, por lo que no se puede predecir que a mayor transpiración ocurra un incremento en rendimiento, esto de acuerdo con Little y Hills (1985).

En términos generales, las variables que más inciden sobre el rendimiento son No. de días en cosecha, fotosíntesis, transpiración y No. de fruto/planta, pues son las variables que menos efectos negativos aportan hacia el rendimiento, ya sean directos o indirectos.

En el cultivo del tomate en invernadero, las correlaciones entre las variables estudiadas no tuvieron concordancia con Srivastava y Sachran (1973), que proponen que No. de frutos/planta y diámetro de fruto se relacionaron positiva y significativamente con rendimiento. En este estudio, días a última cosecha, transpiración, conductancia estomática, y fotosíntesis muestran correlaciones altas y positivas con rendimiento, además de con No. de días en cosecha.

Según Srivastava y Sachran (1973) el No. de frutos/planta dio el máximo efecto directo positivo en el rendimiento, seguido por el diámetro del fruto, esto al realizar coeficientes de sendero en los componentes del rendimiento en tomate, por lo que se recomienda su inclusión en programas de mejoramiento. El análisis de coeficientes de

senderos indica cuáles son las características relacionadas directamente con el rendimiento, y clasifica aquéllas que son útiles en un programa de selección, para mejorar más rápidamente el carácter deseado, dependiendo de la herencia y el valor genotípico. Mosqueda y Molina (1974) sugieren que la selección indirecta a través de número de frutos por planta podría ser más efectiva que la selección directa para rendimiento, ya que número de frutos presenta mayor heredabilidad y variación genética potencial que rendimiento. De acuerdo a esto, nosotros proponemos transpiración, No. días en cosecha, No. de frutos/planta y fotosíntesis como las variables que se pueden utilizar en un programa de mejoramiento en tomate, por sus altos efectos directos positivos hacia rendimiento y por las correlaciones altas entre estas variables y rendimientos; sin embargo, antes, como en todo programa de mejoramiento, se debe repetir este estudio con mayor control sobre las variables ambientales; además, es necesario determinar la acción génica que controla las variables arriba propuestas por su alta correlación con rendimiento. Lo anterior puede realizarse mediante cruces dialélicas, con los genotipos más promisorios para determinar en ellos aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), y posibles efectos heteróticos por dominancia y sobredominancia.

CONCLUSIONES

Las variables fisiológicas de fotosíntesis, transpiración, uso eficiente del agua y conductancia estomática fueron más altas en la hoja superior del dosel.

Fotosíntesis, conductancia estomática y uso eficiente del agua alcanzaron sus

valores máximos en las mediciones efectuadas por la mañana. Transpiración alcanzó sus máximos valores al mediodía. Esto puede indicar que las mediciones efectuadas por la tarde no son necesarias para discriminar materiales con respecto a estas variables.

Los valores más altos en fotosíntesis, transpiración y conductancia se alcanzaron al realizar la primera lectura de un total de seis, lo que indica mayor actividad fisiológica de la planta en etapas tempranas de fenología (etapa vegetativa activa), y a las condiciones ambientales, entre otros factores. En contraparte, en esta fecha se alcanzó el promedio más bajo con respecto al uso eficiente del agua.

Entre los materiales de hábito determinado, el genotipo 83 fue el más rendidor; además, su producción la concentró en un corto periodo de días y con gran contenido de Vitamina C.

El genotipo 71 mostró buenos atributos entre los materiales de hábito indeterminado, ya que tiene buen rendimiento, más número de cortes/planta y una alta acidez, además de un fruto bola de buen tamaño, que es aceptado por el consumidor.

En cuanto al contenido de azúcares (°Brix), el más alto lo expresó el genotipo 118.

Transpiración, No. días en cosecha, No. de frutos/planta y fotosíntesis fueron los componentes más importantes del rendimiento, ya que fueron las variables con los efectos directos y positivos más altos, que mostraron mejores correlaciones con rendimiento, por lo que se recomiendan como posibles criterios de selección, en un programa de mejoramiento para obtener variedades de tomate tolerantes a altas temperaturas.

El genotipo 71 fue el de más alta fotosíntesis media, y el de mejor rendimiento,

por lo que se explica la alta correlación existente entre fotosíntesis y rendimiento, con altos efectos directos y positivos de fotosíntesis hacia rendimiento.

El espacio entre plantas debe incrementarse, pues los resultados indican una disminución en las variables fisiológicas en las áreas más sombreadas debido a la competencia por luz y, probablemente, por nutrientes y agua, siempre y cuando el objetivo sea la producción comercial intensiva con materiales comerciales ya formados. Si la finalidad es detectar materiales promisorios que después servirán para formar una variedad específica para espacios cerrados, la evaluación debe darse en estas condiciones, para que permita se expresen las características basadas en los materiales genéticos.

Se debe poner más atención al bloqueo dentro del invernadero tomando en cuenta su orientación y la ubicación del sistema de control de la temperatura, ya que aun dentro de él se presentan variaciones, según el lugar, en radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa.

El genotipo 83 fue el de más alta transpiración, el segundo más alto en fotosíntesis y el más rendidor de todos los materiales. Como resultado de esto, se recomienda su uso en programas de mejoramiento, ya que el análisis de sendero indica que rendimiento, transpiración y fotosíntesis tienen buena correlación, y transpiración tiene efectos directos y positivos importantes hacia el rendimiento, debido probablemente a la correspondencia de estos dos procesos fisiológicos.

De acuerdo con Steel y Torrie (1989), este es un experimento que se clasifica como preliminar, por lo que se debe utilizar la información que de él se obtenga como indicio para futuros trabajos de mejoramiento. Con esto se logra cumplir con el segundo de

los objetivos de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Aspeitia H. F. 1994. Rendimiento y fenología de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) evaluados bajo condiciones de altas temperaturas en invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN.
- Bar-Tsur, A., J. Rudich and B. Bravdo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperatures. Journal of Horticultural Science (1985)60 (3)405-410.
- Casseres, B. 1981. Producción de hortalizas. 3ª edición. Ed. IICA. San Jose Costa Rica.
- Crosbie, T.M., R.B. Pearce, and J.J. Mock 1981. Recurrent Phenotypic selection for high and Low photosynthesis in two maize population. Crop Sci. 21:736-740 (1981).
- Dali, N., D. Michaud and S. Yelle, 1992. Evidence for the involment of sucrose phosphate, synthase in the pathway of sugar accumulation in Sucrose-Accumulating tomato-fruits. Plant Physiol. 99:434:-438.
- Elkind, Y., A. Gurnick and N. Kedar. 1991. Genetics of semideterminate growth habit in tomato. Hort. Sci. 26(8):1074-1075. 1991.
- Fernandez, B.J.M. 1992. Apuntes de introducción a la Fisiología Vegetal. Curso de maestría. UAAAN. Sin editar.
- Folquer F. 1976. El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Edit. Hemisferio sur. S.R.L. Buenos Aires, Argentina.

- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. Second Edition. An international Rice Research Institute Book. A. Wiley Interscience publication, John Wiley & Sons.
- Gull, D.O. 1989. Stability differences among fresh market tomato genotypes: II Fruit Quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(6):950-954.
- LI-Cor Inc. 1990. LI-6200 Portable photosynthesis system. Li-cor, Inc. Lincoln, Nebraska, 68504 USA.
- Lips, S.H., E.O. Leidi, M. Silberbush, M.I.M. Soares and O.E.M. Lewis. 1990. Physiological aspects of ammonium and nitrate fertilization. Journal of plant nutrition, 13(10): 1271-1289.
- Little T.M. and F.J. Hills. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Sexta reimpresión. Ed. Trillas. México.
- Mahon, J.D. and S.L.A. Hobbs 1981. Selection of peas for photosynthesis CO₂ Exchange Rate under Field Conditions Crop Sci. 21:616-621.
- Mc Avoy, R.J. and H. W. Janes. 1989. Tomato plant photosynthetic activity as related to Canopy Age and Tomato Development. J. Amer. Soc. Hort Sci. 114(3): 478-482.
- Mehta, H. and K.R. Sarkorn. 1992. Heterosis for leaf photosynthesis, grain yield and yield components in maize. Euphytica 60:161-168.
- Mendoza, H.J.M. 1984. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Depto. de Agrometeorología.

- Mosqueda, V.R. y J. Molina G. 1974. Estudio de caracteres correlacionados y análisis de componentes de rendimiento empleando coeficientes de sendero en *Carica papaya* L. *Agrociencia*. 11:3-4
- Nederhoff E., Giezen J. and Vegter, F. 1989. Measurement and simulation of crop photosynthesis of cucumbers (*Cucumis sativus* L.) in greenhouse. *Horticultural Abstract*. Vol. 59: Num 2 Pg. 127.
- Palmer, A.F.E. y R. Goldsworthy. 1971. Programa de Agronomía y Fisiología del CIMMYT. Cuarta conferencia sobre mejoramiento de maíz en la zona árida. ICA-CIAT Palmira, Colombia Nov- 2-5.
- Papadópulos A. P. and Douglas P. Ormord. 1988. Plant spacing effects on photosynthesis, and transpiration of the greenhouse tomato. *Can J. Plant Sci.* 68:1209-1218.
- Pasternark, D., M. Twersky and Y. de Malach. 1979. Salt resistance in agricultural crops. in: H. Musell and R.C. Staples (eds) *Stress physiology in crop plants*. John Wiley. New York pp. 127-142.
- Radin E.A. 1988. Correlación de la conductancia estomática con la capacidad fotosintética de algodón en una atmósfera enriquecida con CO₂ Mediación para ácido abscísico. *Plant Physiol.* (1988) 88, 1058-1062.
- Ray, L.L., C.W. Wendent, B. Roark and J.E. Quisenberry. 1974. Genetics modification of cotton plant for more efficient water use. *Agric. Met.* 14:31-38.
- Reyes V.M.H. y A.A. Andrade A. 1991. Relaciones entre caracteres cuantitativos y la resistencia al ataque de pájaros en girasol. (*Helianthus Annuus* L.). *Memorias del II Congreso Nacional de Genética*, Saltillo, Coahuila.

- Reyes V.M.H. 1993. Análisis de senderos con el paquete Matlab. Laboratorio de Genética biométrica. Departamento de Fitomejoramiento. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah.
- Rodriguez, B.R. and Lambeth, V.N. 1975. Artificial lighting and spacing as photosynthetic and yield factors in winter greenhouse tomato culture. J. Am. Soc. Horti. Sci. 110:694-697.
- Srivastava, L.S. and S.C.P. Sachran. 1973. Genetics Parameters, correlation coefficient and path-coefficient analysis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Indian Agric. Sci. 43(6): 604-607
- Steel R.G.D. and J.H. Torrie 1989 principles y procedures of statistics. A biometrical approach. Ed Mac Graw Hill L.T.D. Tokio, Japan.
- Toovey, F.W. 1965. Producción comercial de tomate. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Wells, G. and F. Buitelar. 1989. Factors affecting soluble solids contents of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). Horticultural Abstracts. 59(2):129.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. Journal Agric. Res. 20:557-58.
- Zamora V., V.M. 1992. Apuntes del curso de Genética estadística. Maestría en Fitomejoramiento. Sin editar. UAAAN.