

Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado

Growth and physiological responses of tomato plants cv. Río Grande during may to july season. Effect of shading

A. Páez, V. Paz y J. C. López

Resumen

El cultivar de tomate Río Grande tiene mucho potencial agrícola en la región del Zulia, Venezuela, pero no se produce durante los meses mayo-julio. Para establecer como posible causa un estrés lumínico y el consecuente estrés por temperatura elevada y constante, se sembraron plantas en dos ambientes lumínicos: luz solar total y sombreado, a fin de atenuar la temperatura. Se realizaron mediciones de área foliar y biomasa. Se obtuvieron parámetros de distribución de biomasa, fotosíntesis neta, conductancia estomática, temperatura foliar y del aire y densidad de flujo de fotones. La altura de las plantas y el área foliar aumentaron en la sombra. La biomasa disminuyó en luz solar total, contribuyendo las raíces, tallos y hojas a este efecto. El área foliar específica (AFE) aumentó en la sombra, indicando que las hojas son más delgadas. Igualmente aumentó la relación de peso foliar (RPF), reflejando que aumenta la proporción de biomasa que forma la superficie asimilatoria. La duración de área foliar (DAF) fue mayor en las plantas sombreadas, y mientras que en ellas, la velocidad relativa de crecimiento (VRC) fue mayor en todos los intervalos, la velocidad neta de asimilación (VNA) sólo se incrementó después del segundo, manifestándose un efecto sobre las fases intermedia y tardía del crecimiento. La mayor fotosíntesis y conductancia en el sol se correspondió con mayor transpiración. En conclusión, debido a la temperatura elevada y constante, se reduce el crecimiento vegetativo y no se establecen los frutos, por lo que estos meses son inadecuados para la producción del tomate Río Grande. El sombreado contribuyó a contrarrestar el efecto sobre el crecimiento vegetativo, probablemente al causar un descenso de temperatura, más no afectó el establecimiento de los frutos.

Palabras clave: tomate, distribución de biomasa, temperatura, irradiación, crecimiento.

Recibido el 17-11-1999 • Aceptado el 13-06-2000

Laboratorio de Ecofisiología, Facultad Experimental de Ciencias, La Universidad del Zulia, Maracaibo, ZU 4005, Venezuela.

Abstract

Tomato production of Río Grande cultivar has much agricultural potential in Zulia State. However, in this region there is not harvesting during the may to july months. Plants were grown under two light environments: full sunlight and shade, to establish as possible causes, the effect of light stress, and the consequent high and constant temperature stress. A completely randomized design was used. Leaf area and biomass were measured. Biomass distribution parameters, net photosynthesis, stomatal conductance, leaf and air temperature and photon flux density were determined. Plant height and leaf area increased in the shade. Total biomass decreased under full sunlight. Roots, stems and leaves contributed to this effect. Specific leaf area (SLA) increased in the shade, indicating thinner leaves. Also leaf weight ratio (LWR) increased by shading, reflecting a higher total biomass porportion forming the leaf surface. Leaf area duration (LAD) was higher under the shade, and while relative growth rate (RGR) increased in this condition at all growth intervals, net assimilation rate (NAR) only increased after the second interval, showing an effect on the intermediate and late growth stages. The higher photosynthesis and conductance observed under sun corresponded with a higher transpiration. In conclusion, due to the higher and constant temperature, there was a reduction in vegetative growth, and fruit establishment was not produced. Therefore, these months are inadequate to grow tomato cv Río Grande. Shading contributed to ameliorate the effect on vegetative growth, probably by causing a decrease in temperature, but did not alter fruit establishment.

Key words: tomato, biomass distribution, temperature, irradiance, growth.

Introducción

El cultivo del tomate, *Lycopersicon esculentum* Miller, cultivar Río Grande ha progresado en la región del Zulia en los últimos años (4). A nivel mundial se han realizado numerosas investigaciones en cuanto al crecimiento y fisiología del tomate (6, 9, 10, 16, 17), pero existe poca información sobre su comportamiento en las condiciones ambientales de la región tropical del Zulia (4, 8).

Las plantas de tomate pueden presentar hábitos de crecimiento determinados o indeterminados (18, 19). El cultivar Río Grande presenta

hábito indeterminado (4). Esta característica le confiere un gran potencial en nuestra región. En la literatura se reportan los efectos de los factores luz y temperatura sobre el crecimiento y desarrollo del tomate desde hace varios años (3, 5, 6, 11). Se conoce por ejemplo, que si las plantas son iluminadas continuamente, se desarrolla una clorosis fuerte y se inhibe la floración (12), sugiriéndose que la luz es uno de los factores más importantes en la regulación de la diferenciación floral (12).

Asimismo, las plantas de tomate

presentan una reducción profunda en su crecimiento a temperatura constante (15). El tomate requiere un régimen alternante de temperatura para un óptimo crecimiento vegetativo y también para otros procesos fisiológicos como la formación del fruto (16).

Se ha considerado que puede aplicarse iluminación continua a las plantas de tomate si la temperatura fluctúa suficientemente (12) y así, las flores se desarrollan normalmente. Plantas de tomate que fueron expuestas a una temperatura agobiante, mostraron un incremento en sus niveles de ácido abscísico (ABA) (5), pero no pudo demostrarse si el aumento se debió a la temperatura agobiante por sí misma, o al hecho de que las plantas estuvieron expuestas a temperatura constante. Posteriormente, Daie y Campbell (6), investigaron el problema de las temperaturas agobiantes utilizando varios regímenes diurnos/nocturnos de

temperatura y relacionándolos con los potenciales hídricos de las plantas

En la región noroeste del Zulia, Venezuela, sólo se obtiene una buena producción del tomate cv. Río Grande durante el período diciembre-abril, época en la cual ocurre una mayor variación diurna/nocturna de temperatura. Hasta el presente no se ha demostrado experimentalmente por qué dicho cultivar no produce frutos en la época mayo-julio. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue investigar la posibilidad de obtener un desarrollo adecuado del cultivar estudiado en la época mayo-julio en la región, época en la cual aumenta tanto la temperatura diurna como la nocturna y la fluctuación entre ambas es menor. Para ello, se utilizaron dos irradiaciones: luz solar total y sombreado, por considerar que el sombreado podría ser un medio adecuado para disminuir la temperatura en el campo.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en una zona anexa a la Facultad de Ciencias de La Universidad del Zulia, durante el período mayo-julio. El cultivar comercial de tomate utilizado fue Río Grande, considerado el más común en la zona del Río Limón (4), por presentar frutos tipo perita, de dureza al corte y resistencia al transporte en huacales de madera, con alto rendimiento y adaptación a las condiciones de la zona. Las semillas certificadas fueron sembradas al comienzo del mes de Mayo en bolsas

de polietileno de 25 kg de capacidad, utilizando 5 semillas por bolsa. La germinación completa ocurrió a los cuatro días. Al emerger las plántulas se realizaron raleos a fin de eliminar las más altas y más pequeñas, y dejar una población uniforme, quedando una planta en cada bolsa. Se realizaron riegos diariamente en la mañana y se fertilizó con fórmula N, P, K. a las 5 semanas después de la germinación.

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con cinco repeticiones por tratamiento. La

mitad de las plantas fueron colocadas bajo irradiación solar total y la otra mitad debajo del dosel de un árbol de cují (sombra). En este caso es importante destacar que parte de la luz atraviesa las pequeñas hojas del árbol (luz transmitida) y otra parte pasa a manera de destellos o rayos de luz. En esta forma, las plantas que se encontraban en la sombra no estaban completamente expuestas a esos destellos de luz directa, ni a la luz transmitida por las hojas del dosel, sino que tenían una mezcla de ambas. Los valores de irradiación se reportan posteriormente. Se realizaron seis cosechas de biomasa, es decir, cuando las plantas tuvieron 15, 23, 30, 44, 58 y 65 días después de la germinación. En cada cosecha se utilizaron cinco plantas al azar por nivel de irradiación y el experimento fue replicado. Por tanto, en cada muestreo se cosechó un total de diez plantas.

En cada caso, las plantas fueron separadas en hojas, tallos, raíces y flores cuando estaban presentes. Las raíces se lavaron con cuidado y se colocaron separadamente en bolsas de papel para el secado en una estufa marca Memmert a 60 °C por tres días. Después de medir el área foliar mediante un medidor marca Licor, modelo 3100, los tallos y las hojas se

colocaron separadamente en bolsas de papel etiquetadas y se llevaron a la estufa por tres días. Después de este tiempo, se tomaron los pesos secos utilizando una balanza Metler PC-2000.

Se realizó análisis de crecimiento de acuerdo a las técnicas de Kvet *et al* (13). Los parámetros de distribución de biomasa y dinámica de crecimiento evaluados fueron: Relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE), relación raíz/vástago (R/V), velocidad relativa de crecimiento (VRC), velocidad neta de asimilación (VNA) y duración de área foliar (DAF). A los datos obtenidos se les analizó mediante análisis de variancia.

También se hicieron determinaciones de fotosíntesis neta, conductancia estomática, temperatura foliar y del aire, y del flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFD). Estos datos fueron obtenidos mediante un medidor portátil de fotosíntesis marca Licor, modelo 6200, unido a un analizador de dióxido de carbono, marca Licor, modelo LI-6250, a partir de las 9:30 de la mañana. La velocidad de transpiración fue determinada mediante un porómetro de estado estacionario marca Licor, modelo LI-1600.

Resultados y discusión

Las plantas de tomate crecidas bajo la sombra presentan una mayor altura que las crecidas bajo luz solar total (figura 1). En los primeros días después de la germinación, la diferencia no fue significativa, pero

este efecto se incrementó a través del tiempo. Asimismo, el área foliar de las plantas sombreadas es mayor que en las plantas expuestas a irradiación solar total. Este efecto fue significativamente mayor a partir de

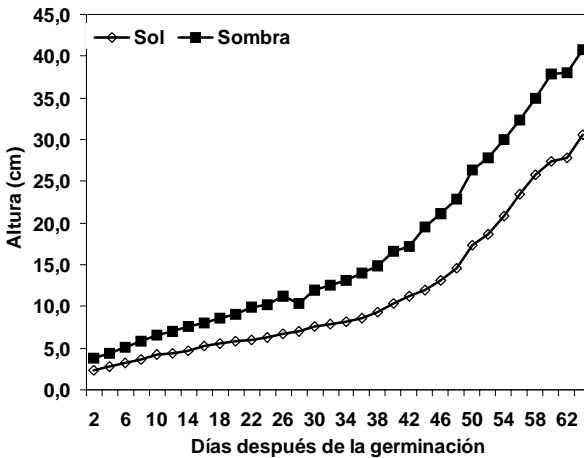


Figura 1. Altura de plantas de tomate, cultivar Río Grande crecidas bajo dos niveles de irradiación, sol y sombra.

los treinta (30) días después de la germinación (figura 2). Resultados similares han sido reportados para otras especies (1, 2, 7, 20, 21).

La biomasa total de las plantas creciendo bajo la sombra fue significativamente mayor que en las

ubicadas bajo el sol (figura 3). A este efecto contribuyeron todos los órganos de la planta, es decir, raíces, tallos y hojas, además, el efecto fue semejante en todas las cosechas realizadas, es decir, a los 16, 23, 30, 44, 58 y 65 días después de la germinación (figura 3).

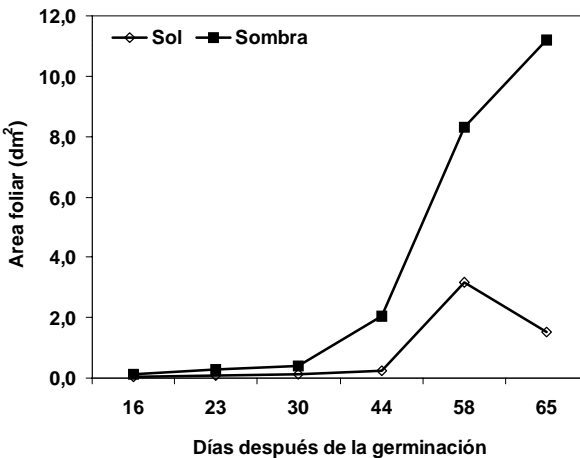


Figura 2. Area foliar de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra.

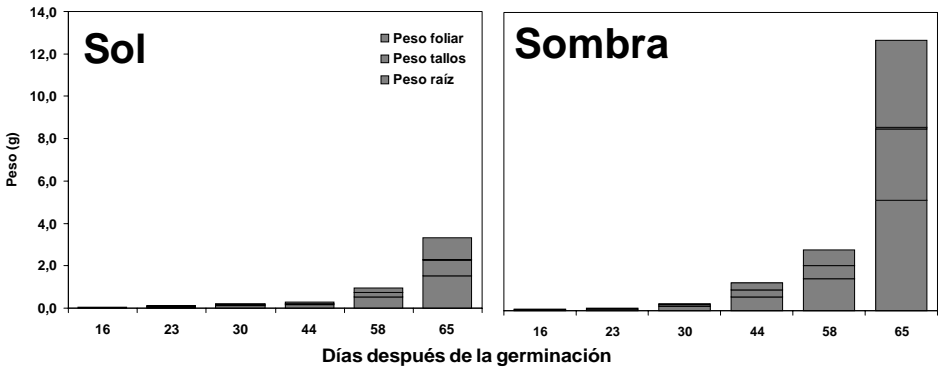


Figura 3. Distribución de biomasa de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra a los 15, 23, 30, 44, 58 y 65 días después de la germinación.

En respuesta al sombreado, las plantas pueden aumentar la distribución de fotosintetatos hacia las hojas a expensas del crecimiento radical. En la especie tolerante a la sombra *Filipendula ulnaria*, el incremento de la distribución hacia las hojas en respuesta al sombreado estuvo acompañado por la correspondiente disminución en la distribución de fotosintetatos hacia las raíces (1).

Asimismo, otras investigaciones reportadas por Björkman (1) muestran que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE). Es decir, que en las plantas bajo sombra aumenta el AFE o área por unidad de peso foliar. En el tomate se observó este efecto solamente hasta los cuarenta y cinco días de crecimiento vegetativo (figura 4), y pudo destacarse

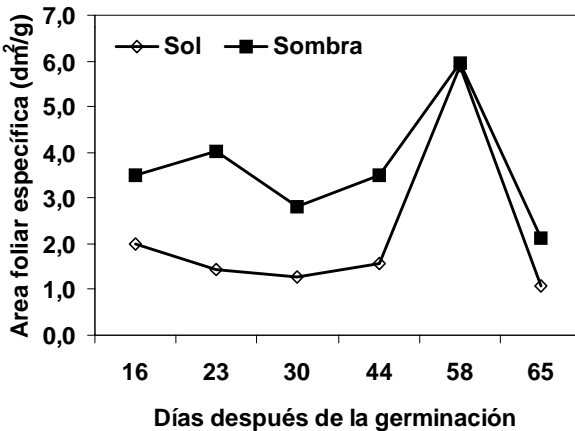


Figura 4. Área foliar específica (AFE) de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra a los 15, 23, 30, 44, 58, 65 días después de la germinación.

que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. En ambos regímenes lumínicos, el AFE disminuye después de los sesenta días de crecimiento de la planta. Se considera que este índice representa el costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar.

Otro tipo de adaptación presentado por diferentes especies (1) comprende el aumento en la relación de peso foliar (RPF). En el tomate, la RPF también aumenta con el sombreado (figura 5), indicando que aumenta la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria. No obstante, este efecto solo se observó en las fases tempranas del crecimiento, es decir, antes de los 40 días de crecimiento vegetativo. En algunas especies, el efecto del sombreado sobre el aumento de la materia seca total distribuida hacia las hojas (RPF) es menor en relación con el efecto sobre el área foliar específica

(AFE).

En ocasiones, el aumento en la distribución de asimilados hacia las hojas en respuesta al sombreado se corresponde con una disminución de la distribución hacia las raíces. Esto ha sido observado en diferentes experimentos (1). En las dos primeras semanas de crecimiento, el tomate redujo la relación raíz/vástago (R/V) a la quinta parte de las plantas bajo el sol. A los veinticinco días, la redujo a la mitad, y para los cuarenta y cinco días, en las plantas sombreadas la relación R/V era 0,21 y en las del sol 0,29, es decir, sólo un 20% de diferencia, mientras que a los sesenta días no se observaron diferencias en la relación R/V entre las plantas bajo el sol y bajo sombra (figura 6).

Algunos parámetros de crecimiento son de importancia relevante en los estudios de competencia y crecimiento de los cultivos (22, 23). Por ejemplo, la duración de área foliar (DAF) ó la

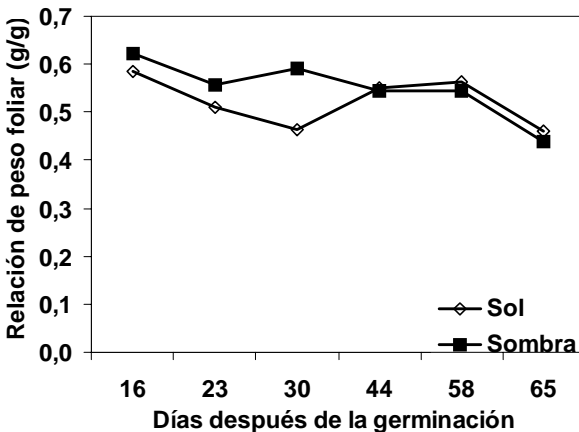


Figura 5. Relación de peso foliar (RPF) de plantas de tomate, cultivar Río Grande crecidas bajo sol y sombra a los 15, 23, 30, 44, 58 y 65 días después de la germinación.

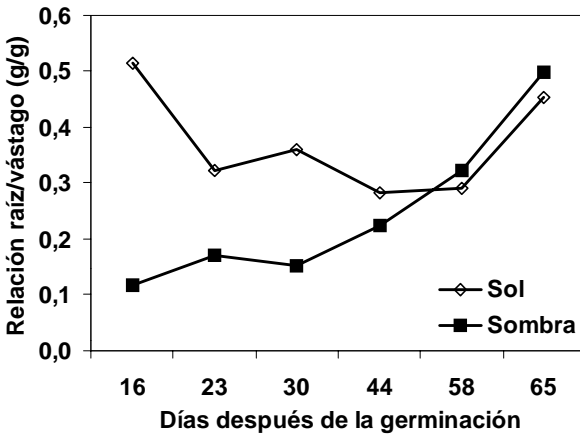


Figura 6. Relación raíz/vástago (R/V) de plantas de tomate cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra a los 15, 23, 30, 44, 58 y 65 días después de la germinación.

cantidad de área foliar total presente durante un intervalo particular sirve como indicador del impacto potencial de una planta individual en una situación de competencia, porque el área foliar es importante en la competencia por la luz. La cantidad de materia seca producida por una planta individual es un indicador de su capacidad de utilización de los recursos disponibles para el crecimiento vegetal. En el tomate, la DAF fue mayor en las plantas crecidas en la sombra en todos los intervalos de crecimiento (figura 7). Este índice es muy importante porque representa la duración del funcionamiento de la superficie asimiladora y sirve para interpretar el costo energético de la formación de la unidad de superficie foliar y su rendimiento en la producción de asimilados.

La velocidad relativa de crecimiento VRC es el incremento en peso de la planta en función del peso

alcanzado en un momento dado. Se utiliza este índice y no la tasa absoluta de crecimiento puesto que esta última no es constante en el tiempo debido a la variación en la proporción de los tejidos activos a través del crecimiento. La velocidad relativa de crecimiento fue mayor en las plantas de tomate sombreadas en todos los intervalos (figura 8), mientras que la velocidad neta de asimilación (VNA) fue mayor en los dos primeros intervalos en las plantas bajo luz solar total y aumentó en las plantas sombreadas en los intervalos 3, 4 y 5 (figura 9). Esto pone en evidencia el efecto agotador de la temperatura elevada constante, sobre todo en las fases intermedia y tardías del crecimiento vegetativo.

La tasa neta de fotosíntesis y la velocidad de transpiración fueron significativamente mayores en las plantas creciendo bajo luz solar total que en las de la sombra (cuadro 1). La mayor fotosíntesis en el sol se

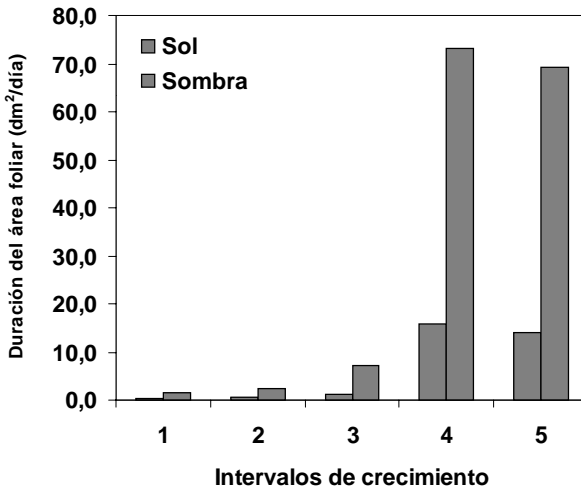


Figura 7. Duración de área foliar (DAF) de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra durante cinco intervalos de crecimiento.

corresponde con una mayor conductancia estomática (cuadro 1). Igualmente, la temperatura foliar fue mayor en las plantas crecidas bajo luz

solar total. La alta temperatura a la que están expuestas las plantas de tomate durante estos meses influye en la inhibición de la fase reproductiva,

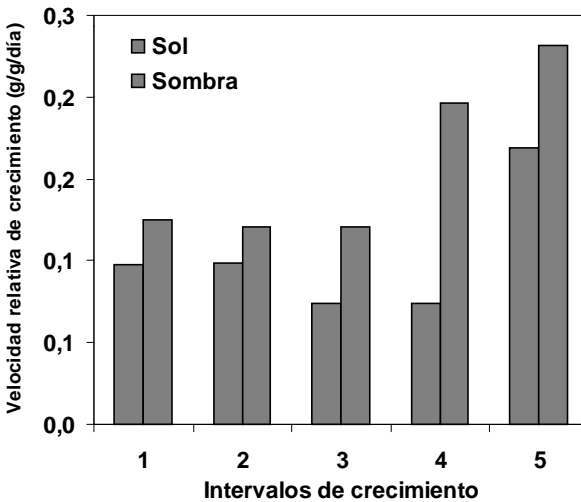


Figura 8. Velocidad relativa de crecimiento (VRC) de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra durante cinco intervalos de crecimiento.

Cuadro 1. Velocidad de transpiración, temperatura foliar y del aire, conductancia estomática, fotosíntesis y radiación fotosintéticamente activa.

Tratamiento	Irrad.	Temperatura Aire	Temperatura foliar	Fot. neta	Cond. estomática	Transp.
Sol	1190 ^a	36,09 ^a	32,8 ^a	13,07 ^a	0,83 ^a	9,92 ^a
Sombra	120 ^a	31,47 ^b	29,7 ^b	5,88 ^b	0,46 ^b	7,83 ^b

Irrad.: Irradiación. Fot.: Fotosíntesis. Cond.: Conductancia. Transp.: Transpiración.

por lo que las plantas no producen flores ni frutos, ya que esa temperatura constante resulta estresante.

El consumo neto de CO₂ resultante de la fotosíntesis en el curso de 24 horas es el balance diario de intercambio (consumo y producción) de CO₂, y la suma de los balances diarios producen el balance anual de intercambio de CO₂. El balance diario es positivo si la absorción durante el día excede las pérdidas nocturnas, y es mayor mientras los factores que afectan a la fotosíntesis durante el día sean más favorables y las noches sean

más frías y más cortas (14). Además de tener el tomate una alta tasa fotosintética sobre todo en luz solar total, por ser una planta C3 presenta una alta tasa de respiración y fotorespiración en estos meses cálidos. Esto podría explicar en parte los resultados obtenidos.

En consecuencia, en el presente trabajo puede observarse que en los meses de mayo a julio, las plantas presentan una reducción profunda del crecimiento vegetativo y no se produce el establecimiento de los frutos, debido posiblemente al efecto de temperatura

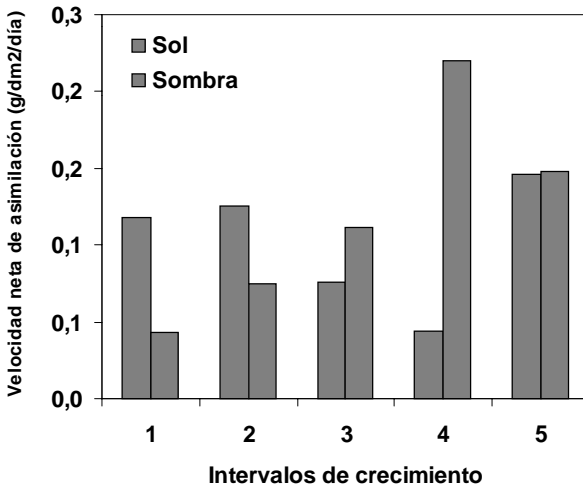


Figura 9. Velocidad neta de asimilación (VNA) de plantas de tomate, cultivar Río Grande creciendo bajo sol y sombra durante cinco intervalos de crecimiento.

elevada y constante. En consecuencia, dichos meses no son adecuados para la producción del tomate cultivar Río Grande. El sombreado contribuyó en

parte a compensar el efecto sobre el crecimiento vegetativo, mas no en el establecimiento de los frutos.

Agradecimiento

Los autores expresan su gratitud al Ingeniero Agrónomo Francis Geraud por proporcionar las semillas para este estudio. Asimismo, al CONDES (Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) por

financiar parcialmente esta investigación, y a los alumnos G. Torres; A. Viloría; J. Colmenares; L. Abdulatiff; A. Matos; M. Colmenares; E. Ochoa y M. Soto por colaborar en la primera parte de la recolección preliminar de los datos obtenidos para realizar este estudio.

Literatura citada

1. Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In "Physiological Plant Ecology. I. Responses to the physical environment". (Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler). *Encycl. Plant Physiol. New Ser.*, Vol. 12A, pp 57-107. Springer-Verlag.
2. Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28:355-377.
3. Calvert, A. 1959. Effect of early environment on the developing of flowering in the tomato. II. Light and temperature interactions. *J. Hort. Sci.* 34:154-162.
4. Chirinos, D.; F. Geraud; M. Marin; G. Rivero; J. Vergara; J. Moyeda; L. Mármol y A. Atencio. 1993. Desarrollo de la planta de tomate *Lycopersicon esculentum* Miller cv. Río Grande, en la zona del río Limón del Estado Zulia, Venezuela. I. Altura de la planta, peso fresco, peso seco, número de ramificaciones, hojas, flores y frutos. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*: 10:311-324.
5. Daie, J. 1980. Determination of the temperature response curves for abscisic acid and its derivatives in economically important horticultural crops. PhD thesis. Utah State University, Logan.
6. Daie, J. And W.F. Campbell. 1981. Response of tomato plants to stressful temperatures. Increase in abscisic acid concentrations, *Plant Physiol.* 67: 26-29.
7. Fetcher, N.; S.F. Oberbauer; G. Rojas y B.R. Strain. 1987. Efectos del régimen de luz sobre la fotosíntesis y el crecimiento en plántulas de árboles de un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop. (Supl. 1)*: 97-110.
8. Geraud, F.; D. Chirinos y M. Marin. 1995. Desarrollo de la planta de tomate, *Lycopersicon esculentum* Miller cv. Río Grande en la zona del río Limón del Estado Zulia, Venezuela. II. Índice de crecimiento relativo, razón de peso foliar y gamma. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*: 12:15-23.
9. Hurd, R.G. 1968. Effects of CO₂-enrichment on the growth of young tomato plants in low light. *Ann. Bot.* 32:531-542.
10. Hurd, R.G. and J.H.M. Thornley. 1974. An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at dif-

- ferent light integrals and CO₂ concentrations. *Ann. Bot.* 38:375-388.
11. Hussey, G. 1963. Growth and development in the young tomato. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. *J. Exp. Bot.* 14:316-325.
 12. Kristoffersen, T. 1963. Interactions of photoperiod and temperature in growth and development of young tomato plants, *Physiologia Pl. Suppl.* 1: 1-98.
 13. Kvet, J.; J.P. Ondok; J. Necas and P.G. Jarvis. 1971. Methods of growth analysis. Pages 343-391. In Z. Sestak, J. Catsky and P.G. Jarvis, eds. *Plant Photosynthetic Production. Manual of methods.* W. Junk, the Hague.
 14. Larcher, W. 1975. *Physiological plant ecology.* Pp 60-61, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg, New York.
 15. Leopod, A.C. and P.E. Kriedman. 1975. *Plant growth and development.* Second edition. McGraw-Hill Co. New York.
 16. Madsen, E. 1972. The effect of carbon dioxide concentration on the photosynthetic rate in tomato leaves. *Roy Vet. Agric. U. Yrbk.* 1971. Pp 195-200.
 17. Newton, P. 1966. The influence of increased CO₂ concentration and supplementary illumination on growth of tomato seedlings during the winter months. *Ann appl. Biol.* 57:345-353.
 18. Páez, A. 1982. Carbon dioxide enrichment: Its direct effects and its interaction with water stress relative to apical dominance and growth of pea and tomato plants. PhD. Dissertation. Department of Botany. Duke University.
 19. Páez, A.; H. Hellmers and B.R. Strain. 1984. Carbon dioxide enrichment and water stress interaction on growth of two tomato cultivars. *J. Agric. Sci., Camb.* 102: 687-693.
 20. Páez, A.; M.E. González O. y J. J. Villasmil. 1997. Acclimation of *Panicum maximum* plants to different light regimes. Effect of subsequent defoliations. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 625-639.
 21. Páez, A.; M.E. González, J.A. Urdaneta; D. Paredes; D. Tissue y T. Tschaplinski. 1998. Índices de crecimiento y formación de compuestos orgánicos en *Barleria lupulina* sometida a dos condiciones de luminosidad. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 15:515-525.
 22. Patterson, D. T. 1980. Shading effects on growth and partitioning of plant biomass in cogongrass (*Imperata cylindrica*) from shaded and exposed habitats. *J. Weed Sci.* 28(6): 735-740.
 23. Patterson, D. T. 1982. Effects of light and temperature on weed/crop growth and competition. *Biometeorology in integrated Pest Management.* 407-420.