

# INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR POR EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa*) EN CONDICIONES TROPICALES SEMIÁRIDAS\*

Solar radiation interception by onion crop under semiarid tropical conditions

Jorge Luís López Márquez<sup>1</sup>, Rigoberto Andressen<sup>2</sup> y Mike Dennet<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se estimó la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de la cebolla (Americana) bajo condiciones semiáridas en Quíbor (9° 56' N y 69° 38' W), Venezuela. Se estimó la EUR durante el periodo de desarrollo de la cebolla, entre el de 28 de Mayo y el 10 de Agosto de 2005. También fue estimado el coeficiente de extinción de la radiación (K) basado en el enunciado de la Ley de Beer, según el cual la radiación interceptada es igual a 1 – la radiación transmitida. El índice de área foliar y el peso seco representado por bulbos y hojas colectados en campo, se incluyeron como elementos básicos para la diferenciación de la radiación interceptada. Los valores máximos de EUR y K fueron encontrados en la mitad del ciclo a 65 días después del trasplante (ddt) con valores de 2,3 g MJ<sup>-1</sup> y 0,31, respectivamente.

**Palabras clave:** bulbificación, índice de área foliar, coeficiente de extinción.

## ABSTRACT

The radiation use efficiency (RUE) of onion cultivar (Americana) was estimated under semi arid climatic conditions in Quíbor, Venezuela. The estimation of RUE was done during the development period of growth, between May 28<sup>th</sup> and August 10<sup>th</sup> 2005. Also the extinction coefficient of radiation based upon the enunciation of the Beer's law was estimated, where the intercepted radiation is equal to 1-transmitted radiation. It was also included the leaf area index and dry weight, as basic elements for the temporal differentiation of the radiation interception. The maximum values of EUR and K were found at the half cycle of growing at 65 days after transplanting with values of 2.3 g MJ<sup>-1</sup> and 0.31, respectively.

**Key words:** bulbing, leaf area index, extinction coefficient.

(\*) Recibido: 20-10-2009

<sup>1</sup> Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, decanato de Agronomía, email: jorliam2001@yahoo.es.

<sup>2</sup> Universidad de los Andes, email: randss@cantv.net.

<sup>3</sup> Universidad de Reading, Uk. email: m.d.dennett@reading.ac.uk.

## INTRODUCCIÓN

La cantidad de radiación solar recibida en una superficie es importante en la actividad agrícola, debido a que los procesos fisiológicos y el crecimiento de los cultivos dependen en gran medida de la cantidad de energía disponible (Squire 1990, Kjaersgaard *et al.* 2007). La mayor parte de la radiación solar absorbida por el dosel de un cultivo es interceptada por las hojas, aunque también las otras partes de la planta pueden contribuir al proceso de absorción de la radiación. El rendimiento del cultivo, depende, entre otros factores de esa absorción y de la eficiencia de conversión de la energía en materia seca (Tei *et al.* 1996).

En las regiones tropicales y subtropicales, en las que la cantidad de radiación solar incidente es alta durante todo el año, la intensidad de la radiación solar se puede considerar como relativamente constante, por lo que representa un recurso que puede aprovecharse para incrementar la producción agrícola.

Por esta razón, las regiones semiáridas tropicales presentan las mejores condiciones para el óptimo aprovechamiento de la radiación solar por parte de los cultivos.

Así mismo, el establecimiento de la relación entre radiación y rendimiento del cultivo requiere el conocimiento de la distribución de la radiación dentro de la cubierta vegetal en términos de transmisividad, inclinación, densidad y altura de las plantas.

El coeficiente de extinción  $K$  dentro de la cubierta vegetal viene dado por la inclinación y disposición de las hojas y en menor medida por su transmisividad. En un cultivo de hojas erectas los valores de  $K$  son menores que aquellos cultivos con hojas horizontales (Castilo y Sentis 2001). Sin embargo, en estos ambientes climáticos la escasez de estaciones climatológicas que cuenten con el registro de radiación ha sido reportada ampliamente como parte de un problema mundial. El uso de modelos de estimación para simular procesos mediados por la radiación solar (Albrizio y Steduto 2005) es por tanto de vital importancia bajo estas condiciones.

Entre estos modelos, y en el caso de la estimación de la eficiencia de uso de la radiación ( $\epsilon$ ) se tienen diferentes propuestas. En el presente trabajo la estimación de  $\epsilon$  se realizó con base a un modelo simple, basado en la Ley de Beer (Albrizio y Steduto 2005, Awal *et al.* 2006), que requiere pocas variables de entrada y un procesamiento matemático básico. El ensayo de campo con cebolla, se efectuó en un lugar con condiciones típicamente semiáridas con el objetivo de conocer la variación de  $\epsilon$  y el coeficiente de extinción de la radiación en la época desarrollo de la cebolla. Este coeficiente representa una forma para evaluar la penetración de la radiación dentro del dosel de la planta (Camacho *et al.* 1995) o la eficiencia con que la cubierta vegetal absorbe la radiación (Montemayor *et al.* 2006). Su importancia radica en que su valor determina indirectamente algunas características del rendimiento del cultivo asociadas con la radiación solar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la hacienda El Caujaral, Quíbor, estado Lara, durante el período mayo - agosto del año 2005. La variedad Americana fue trasplantada el 05 de mayo, luego de permanecer 45 días en semillero. El trasplante fue efectuado sobre surcos cortos de 8 m de longitud, en 30 parcelas de 45 m<sup>2</sup> aproximadamente, con densidad de 250.000 plantas por hectárea, correspondiente a una separación entre plantas de 6 cm y separación entre surcos de 20 cm. Semanalmente se escogieron tres plantas por parcela y se midió el largo y ancho de las hojas, el diámetro de bulbo y cuello, así como su peso seco. El índice de área foliar (IAF) se estimó (cociente del área superficial de las hojas de la vegetación dividido sobre el área superficial en m<sup>2</sup>) con la metodología propuesta por Mondal *et al.* (1986), tomando en cuenta el ancho y largo de la hoja multiplicado por 1,4. El inicio de bulbificación se estimó mediante el método propuesto por Clarke y Heath (1962), que utiliza el índice de bulbificación correspondiente a la relación entre el diámetro del cuello y bulbo en cada planta en muestreos sucesivos.

Las condiciones climáticas del área están determinadas por un régimen de precipitación con

dos máximos de lluvia durante Mayo y Octubre, cuando se registra la mayor parte de los 496 mm anuales reportados para la zona (MARNR 2005). La temperatura presenta poca variación durante el año y la máxima diferencia entre la temperatura del mes más cálido y la del mes menos cálido, no excede 4 °C. Los valores máximos de radiación en el área se corresponden con la época de menor precipitación, generalmente entre enero y marzo. Durante el periodo en que se llevó a cabo este experimento, la lluvia acumulada fue 196 mm y los valores promedio de radiación mensual alcanzaron un máximo de 392,9 W m<sup>-2</sup> en el mes de Junio de 2005.

Para estimar la intercepción de la radiación por parte de este cultivar, se utilizó semanalmente y entre el 02-07 y el 13-08-2005, un instrumento medidor de luz Modelo Li 250 (LICOR). Se tomaron mediciones de radiación fotosintéticamente activa (RFA) en  $\mu\text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$  en el tope y base del cultivo en camellones y surcos, respectivamente. Los valores de K fueron estimados con base en la ley de Beer;  $I = I_0 \cdot e^{-K \cdot \text{IAF}}$ , donde  $K = (\text{Ln}I_0 - \text{Ln}I) / \text{IAF}$  (Camacho *et al.* 1995; Awal *et al.* 2006). La radiación fotosintéticamente activa interceptada se tomó como el producto de la radiación total diaria multiplicada por la fracción interceptada. Esta fracción se obtuvo con el uso de una curva de calibración entre la intercepción de RFA y el índice de área foliar. Para la estimación de la EUR se utilizó el cociente entre el peso seco de bulbos y hojas y la fracción de radiación interceptada entre fechas de muestreo consecutivas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mayores valores de cobertura foliar fueron observados durante el período cercano a la fase de bulbificación de la cebolla, a 65 ddt. El referido valor alcanzó 1,74 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> durante el mencionado período (Tabla 1). Estos valores son similares a los encontrados por Ramírez (2001) para cebolla de día corto en la misma localidad, sembradas con densidades similares.

Así mismo, los cambios observados en el coeficiente de extinción durante el ciclo de desarrollo del cultivo (Tabla 1), están relacionados con los valores de IAF, es decir, bajos valores de

K, al inicio del ciclo, seguidos por un incremento en el mencionado coeficiente en la mitad del ciclo de crecimiento del cultivo. Luego de este periodo con máximos valores de K, que coincidió temporalmente con la fase de bulbificación del cultivo, se apreció una considerable disminución de los valores de K en la fecha de maduración, como consecuencia de la menor producción de hojas y la marchitez y caída de las hojas existentes. El máximo valor de K alcanzado fue 0,32 a los 72 ddt (Tabla 1), cuando a su vez, se observó el máximo índice de área foliar, lo que concuerda con lo informado por Mondal *et al.* (1986) en cebolla bajo riego. Esta situación ha sido también reportada por Camacho *et al.* (1995) para otros cultivos, con valores altos de índice de área foliar y coeficiente K, lo que representa que una menor cantidad de luz pasa a través del cultivo.

**Tabla 1. Valores de índice de área foliar, bulbificación y coeficiente de extinción de la luz para el cultivar Americana durante la época de crecimiento.**

Días después de transplante	IAF	Índice de bulbificación	K
58	1,07	1,62	0,24
65	1,74	2,01*	0,27
72	1,74	2,89	0,32
79	1,70	2,89	0,24
86	1,08	3,79	0,23
92	0,99	3,74	0,19
100	0,83	4,26	0,17

\*Inicio de bulbificación, IAF: índice de área foliar, K: coeficiente de extinción de la luz

Con respecto a la eficiencia de uso de la radiación, se observó un valor máximo de 2,05 y mínimo igual a -0,19 g MJ<sup>-1</sup>. En el primer caso el mayor valor de  $\epsilon$  ocurrió a 65 ddt, en el periodo de inicio de la bulbificación. En esta fecha se obtuvo la mayor acumulación de materia seca, con un valor de 77 g entre 58 y 65 ddt. Por otra parte, el valor mínimo  $\epsilon$  se registró en la fecha del último muestreo, en la fase de maduración a 86 ddt.

Comparativamente, el valor máximo de  $\epsilon$  reportado en la presente investigación, es ligeramente mayor al valor de 1,6 g MJ<sup>-1</sup> encontrado por Brewster *et al.* (1986) bajo condiciones climáticas templadas. En este sentido, Tei *et al.* (1996) reportaron valores de  $\epsilon$  ligeramente mayores a 5 g MJ<sup>-1</sup> en cebollas, bajo

las condiciones templadas del Reino Unido, Inglaterra. En este caso mayores densidades de siembra, relacionadas a su vez con un mayor índice de área foliar (3,2) podrían explicar la naturaleza elevada de esos valores máximos de eficiencia en la época de máximo desarrollo del cultivo.

Por su parte, los valores negativos de  $\epsilon$ , al final del ciclo de crecimiento del cultivo (Figura 1) han sido reportados por Awal *et al.* (2006) para otros cultivos en la etapa previa a la cosecha.

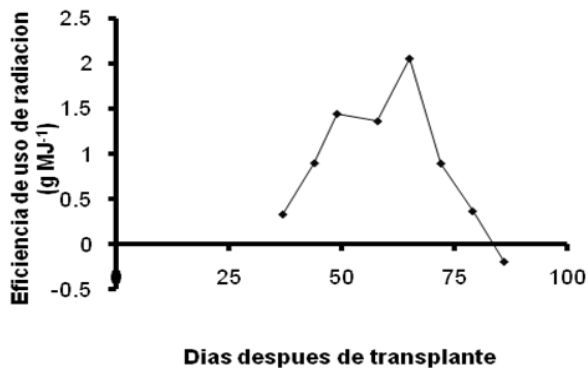


Figura 1. Eficiencia de uso de radiación del cultivar Americana en el periodo de máximo desarrollo.

## CONCLUSIONES

Los máximos valores de eficiencia de uso de la radiación para cultivares de cebolla, bajo las condiciones de Quibor y densidad de 250000 plantas por hectárea, no excedieron los 2,05 g MJ<sup>-1</sup> y se registraron en la época de máximo desarrollo, correspondiente a la bulbificación. Los valores de K estimados para el cultivo de cebolla en zona semiárida no sobrepasaron de 0,32, debido a la densidad de siembra utilizada y la morfología del cultivo con hojas erguidas y dispuestas de manera alterna.

## REFERENCIAS

Albrizio, R. and Steduto, P. 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea: I Radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology* 130: 254-268.

Awal, M., Koshi, H. and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74-83.

Brewster, J., Mondal, M. and Morris, J. 1986. Bulb development in Onion. *Annals of Botany* 58: 221- 233.

Camacho, R., Garrido, O. y Lima, M. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agrícola* 52: 294-298.

Castillo, F. y Francesc, S. 2001. *Agrometeorología*. Mundi-Prensa Libros, Madrid España. 517 p.

Clarke, J. and Heath, O. 1962. Studies in the physiology of the onion plant. *Journal of Experimental Botany* 13: 227 -249.

Kjaersgaard, J., Plauborg, J. and Hansen, S. 2007. Comparison of models for calculating daytime long-wave irradiance using long term data set. *Agricultural and forest Meteorology* 143: 49-63.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) 2005. *Anuario Climatológico del Estado Lara*. Barquisimeto.

Mondal, M., Brewster, J., Morris, G. and Butler, H. 1986. Bulb development in onion. *Annals of Botany* 58: 207-219.

Montemayor, J., Gonzales, J., Ramírez, R., Aldaco, M., Fortis, E., Salazar, J. y Vázquez-Vázquez, C. 2006. Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. *Revista Internacional de Botánica experimental* 75: 47-53.

Ramírez, H. 2001. Growth and nutrient absorption of onion (*Allium Cepa L.*) in the tropics in response to potassium nutrition. PhD Thesis. Imperial College at Wye. UK . 196 p.

Squire, G. 1990. *The Physiology of Tropical Crop Production*. CAB International. Oxon UK 236 p.

Tei, F., Aikman, D. and Scaife, A. 1996. Growth of lettuce, onion and red beet. Growth analysis, light interception and radiation use efficiency. *Annals of Botany* 78: 633-643.