

# EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DEL DOSEL SOBRE LA EFICIENCIA DE USO DE LA RADIACIÓN Y POTENCIALIDAD DEL RENDIMIENTO EN ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Gregori, Leonardo Agustín<sup>1</sup>; Arguissain, Gustavo Gabriel<sup>2</sup>; Pirchi, Héctor Javier<sup>3</sup>

Palavras-chave: coeficiente de extinción de la radiación, arquitectura de planta, radiación fotosintéticamente activa, índice de área foliar,

## INTRODUÇÃO

La radiación solar es un recurso natural, considerado esencial para el control de la morfogénesis y producción de los cultivos. Su acción afecta directamente los procesos fisiológicos implicados en la producción de grano, como lo es el crecimiento vegetativo, generación de los destinos reproductivos y llenado de granos en arroz (Venkateswarlu et al, 1987). La productividad del cultivo está determinada por la materia seca total acumulada por superficie. La acumulación de materia seca y la tasa de crecimiento del cultivo son dependientes de la capacidad del dosel del mismo de interceptar la radiación fotosintéticamente activa, en función del índice de área foliar (IAF) y la arquitectura del dosel (Ahmad et al, 2009). Esta estructura determina la captación de recursos del ambiente y modula varios factores del sistema.

Gardner et al (1985), mencionan que la disposición de las hojas en el dosel depende principalmente de su inclinación y el modo que se agrupan dentro del mismo. De esta forma, se definen doseles tipo planófilo (con hojas dispuestas casi horizontalmente con un ángulo de inclinación respecto a la horizontal menor a 35°) y tipo erectófilos (donde la mayoría de las hojas están prácticamente verticales con un ángulo de inclinación mayor a 60°). El coeficiente de extinción de la radiación (k) es un indicador de la atenuación lumínica en el dosel influenciado por las características mencionadas en el párrafo anterior (Gardner et al, 1985 y Cárcova et al 2003). Los doseles erectófilos presentan un menor valor de k que aquellos planófilos, como ejemplo ángulos de inserción de hojas de 75° permiten un 91% de penetración de la luz, comparado con un 13% cuando las hojas presentan 30° de inclinación respecto a la horizontal.

Los modelos de simulación de estructura muestran que la combinación de hojas erectas en el estrato superior y horizontales en el estrato inferior conforman una estructura óptima para la fotosíntesis del cultivo, aunque esto depende del IAF (Duncan, 1971).

La importancia del ángulo de la hoja sobre la productividad del cultivo de arroz es bien conocida. Así, Yoshida (1981) menciona que la presencia de hojas erectas son deseables en variedades de arroz de alto rendimiento, asimismo señala que doseles con hojas erectas necesitan alcanzar un IAF de al menos 7,5 para interceptar el 95 % de la radiación solar incidente, mientras que un dosel de tipo planófilo necesita un IAF de sólo 3,7 para alcanzar dicho valor de intercepción.

Las hojas erectas permiten una penetración más profunda de la radiación incidente, recibiendo la luz en intensidades inferiores que las obtenidas para hojas planófilas (Yoshida, 1981). De este modo, no se genera un efecto de saturación lumínica sobre la hoja individual, situación que se manifiesta en doseles de tipo planófilo donde la radiación que reciben las hojas superiores es más alta por unidad de superficie de hoja, que las hojas inferiores. Van Keulen (1976), indica que altos valores de IAF en doseles de tipo erectófilo permiten incrementar en un 20% la fotosíntesis del cultivo y con ello la productividad. Esto coincide con lo mencionado por Yoshida (1976) que concluye que hojas erectas, en doseles

<sup>1</sup> Ing. Agr. MSc en Producc. Vegetal , EEA Concepcion del Uruguay del INTA (Ruta Prov. 39 Km 143,5 (3260) Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. E-mail: lgregori@concepcion.inta.gov.ar.

<sup>2</sup> Ing. Agr. MSc en Producc. Vegetal , EEA Concepcion del Uruguay del INTA. E-mail: garguissain@concepcion.inta.gov.ar.

<sup>3</sup> Ing. Agr. EEA Concepcion del Uruguay del INTA. E-mail: hpirchi@concepcion.inta.gov.ar.

con alto valor de IAF, es un rasgo deseable para cultivares de alto rendimiento ya que la luz es usada de manera mas eficiente.

Es necesario comprender el impacto sobre la productividad de arroz que presenta, una estructura de planta con hojas más erectas respecto de las variedades difundidas hoy en el gran cultivo. El objetivo de este trabajo es identificar y estudiar algunas características fenotípicas, que permitan incrementar la eficiencia de uso de la radiación y rendimiento en arroz (*Oryza sativa* L.)

## MATERIAL E MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante las campañas 2009/10 y 2010/11, en el campo experimental de arroz de la Estación Experimental Agropecuaria INTA de Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, Argentina.

Se evaluaron 2 genotipos, uno considerado de estructura tradicional (Cambá INTA – Proarroz) y el otro de estructura “columnar” (hojas más erectas) (CR2840).

Los genotipos se sembraron en parcelas de 8 m<sup>2</sup> de superficie por repetición. Se utilizo un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. La siembra se realizó el 23 de octubre de 2009 y 20 de octubre de 2010, para la campaña 2009/10 y 2010/11, respectivamente. Se utilizó una densidad de siembra acorde a los valores de energía germinativa y peso de mil granos de cada cultivar, para alcanzar un stand final de 250 plantas por m<sup>2</sup>. Se realizó una fertilización de base con 70 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (18-46-0) bajo la línea de siembra para todas las parcelas. En estado de pleno macollaje, preinundación del cultivo, se fertilizo con 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en forma de urea.

Para los momentos fenológicos de macollaje, diferenciación del primordio floral (DPF), embarrigado y floración se determino el IAF, radiación interceptada, perfil de extinción de la radiación en el dosel del cultivo y coeficiente de extinción de la radiación (k).

Para determinar el IAF se utilizó un medidor de área foliar (ci\_203 área meter). Las mediciones de intercepción de la radiación se realizaron, mediante un ceptómetro lineal, a profundidades relativas a la altura de la planta cada 0,15 m, iniciándose en la parte superior del dosel hacia la superficie del suelo. El k se determinó mediante la ecuación de Lambert – Beer (RFAz = RFA0 e -kz), aplicando a continuación Ln [RFAz / RFA0] = -kz y obteniendo el valor de k de la pendiente proveniente de la relación de los valores de Ln [RFAz / RFA0] versus la altura del estrato (z). Se midió el ángulo (grados) de inserción de las hojas, respecto a la horizontal, en el tallo principal con ayuda de un transportador.

La eficiencia de uso de la radiación (EUR) se estimo como el cociente entre la biomasa total a madurez dividido la integración de la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) hasta madurez. Se determinó el rendimiento y sus componentes. Se realizó el análisis estadístico para cada una de las variables estudiadas (ANVA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Se identificaron características diferenciales en el ángulo de inserción promedio de las hojas, siendo de 92° para el cultivar CR2840 y de 77° para el cultivar Cambá (p<0.05). Asimismo, al relacionar la intercepción por unidad de IAF para cada momento fenológico (Fig.1), se observa que inicialmente el cultivar CR2840 manifiesta bajos valores de intercepción por unidad de IAF hasta el momento fenológico de embarrigado, mientras que a floración ambos cultivares alcanzan valores similares (P>0.05). Cambá INTA Proarroz, mantiene altos valores de intercepción por unidad de IAF al comienzo del ciclo, para luego disminuir en el transcurso de la estación de crecimiento.

Al momento fenológico de macollaje ambos genotipos no manifestaron diferencias significativas (p>0.05) en los valores de IAF. El cultivar CR2840 alcanzó mayores valores (p<0.05) de IAF en DPF (5.62), embarrigado (7.13) y floración (7.11), respecto de Cambá INTA Proarroz, cuyos valores fueron de 2.55, 5.76 y 6,2 para los momentos fenológicos enunciados, respectivamente. Los valores de intercepción de la radiación fueron

significativamente más altos, para el cultivar Cambá INTA Proarroz al momento de macollaje, DPF y embarrigado. En el estado de floración, el cultivar CR2840 mostró los mayores valores de intercepción ( $p < 0.05$ ).

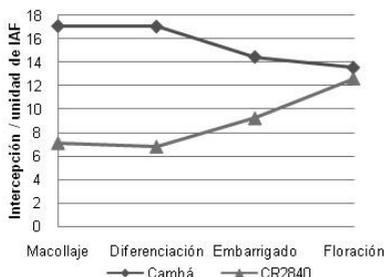


Figura 1 – Evolución de la intercepción de la radiación por unidad de IAF para ambos cultivares

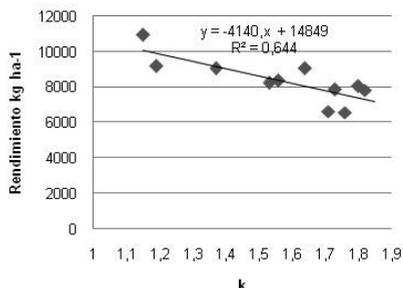


Figura 2 – Relación entre k (coeficiente de extinción de la radiación) y Rendimiento de granos

El estudio del k mostró diferencias significativas entre los genotipos ensayados ( $p < 0.05$ ). Cambá INTA Proarroz presentó valores superiores durante DPF (0.43), embarrigado (1.21) y floración (1.78), comparado con CR2840 que obtuvo valores de k de 0.38, 1.12 y 1.41, respectivamente.

Al relacionar las variables de k en floración y rendimiento de grano, para ambos genotipos durante ambas campañas, se observó una asociación negativa significativa ( $p < 0.05$ ). De esta manera, un incremento en los valores de k genera disminuciones en el rendimiento (Fig.2). Los menores valores de k obtenidos en el cultivar de estructura de hojas erectas, permitió incrementar el rendimiento en granos. Esto último coincide con lo mencionado por Jennings (1964) y Stansel (1975), donde indican la importancia de la arquitectura de la planta en la fase reproductiva, siendo crítica para maximizar los rendimientos.

Las representaciones gráficas utilizando los valores de intercepción por estrato, permitieron obtener una simulación de la estructura, validando gráficamente como la radiación se distribuye en el perfil del cultivo (Fig. 3)

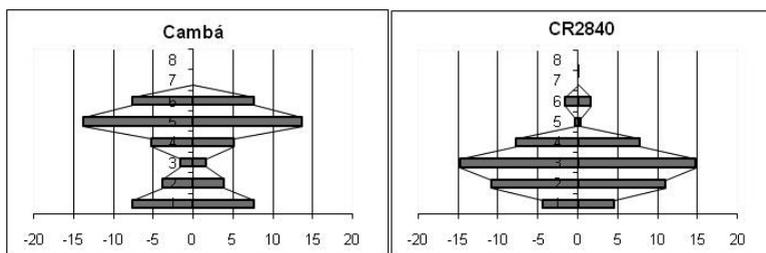


Figura 3 – Perfil de extinción de la radiación en ambos genotipos

La simulación de la estructura de la planta, considerando el perfil de extinción de la radiación, nos permite determinar que el cultivar de dosel erectófilo (CR2840) presenta hojas dispuestas verticalmente en los estratos superiores y más decumbentes en los inferiores. Este tipo de estructuras, en ambientes de alta radiación, permite que las hojas

superiores intercepten menos radiación, haciendo que se use más eficientemente y asimismo permite que mayor cantidad de radiación llegue a hojas del estrato inferior, uniformando la distribución de la radiación interceptada en toda la altura de la planta (Duncan, 1971).

El genotipo de hojas más erectas (CR2840) presentó los mayores valores en EUR ( $P < 0.05$ ), siendo de  $3.06 \text{ gr MS Mj}^{-1}$ . Para el cultivar Cambá INTA Proarroz la EUR fue de  $2.53 \text{ gr MS Mj}^{-1}$ . Este mayor valor de EUR, por parte del genotipo de estructura de planta con hojas más erectas permitió alcanzar mayores valores de rendimiento y número de espiguillas totales por superficie.

En relación con esto último, el cultivar CR2840 generó, en promedio 58.115 espiguillas por  $\text{m}^2$ , mientras que para Cambá INTA Proarroz fue de 35.643 espiguillas por  $\text{m}^2$ . Estimando la productividad potencial como espiguillas diferenciadas = espiguillas llenas, bajo las condiciones de disponibilidad de radiación en los años ensayados, CR2840 muestra una productividad de 13.947 Kg/ha mientras que para Cambá INTA Proarroz es de 9089 Kg/ha.

## CONCLUSÃO

La información obtenida permite concluir que es posible incrementar los valores potenciales de productividad de los cultivares respecto de los actuales, mediante una mejor distribución de la radiación en el perfil del dosel. Así en floración, con genotipos de hojas más erectas, altos valores de IAF y bajos valores de  $k$ , es posible alcanzar mayores valores de EUR y con ello mayores niveles de productividad. Cabe mencionar, que investigaciones presentes y futuras, implican estudios concernientes a tasa fotosintética y removilización durante el llenado de granos que permitan disminuir la brecha entre rendimiento potencial y real.

## AGRADECIMENTOS

Programa Nacional – CEREALES - PNCER-021361

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, A.; IQBAL, S.; AHMAD, S.; KHALIQ, T.; NASIM, W.; HUSNAIN, Z.; HUSSAIN, A.; ZIA-UL-HAQ, M.; HOOGENBOOM, G. Seasonal growth, radiation interception, its conversion efficiency and biomass production of *Oryza sativa* L. under diverse agro-environments in Pakistan. *Park. J. Bot.* v.41. p. 124 – 1257.
- CÁRCOVA, J.; ABELEDO, L.G.; LOPEZ PEREIRA, M. Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, partición y componentes. En: Producción de granos bases funcionales para su manejo. SATORRE, E.H.; BENECH ARNOLD, R.L.; SLAFER, G.A.; DE LA FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; TEGUI, M.E.; SAVIN, R. (eds.). *Fac de Agronomía UBA; Ed. Fac de Agronomía UBA. Buenos Aires. R.A. 2003.* p. 75 – 83.
- DUNCAN, W.G. Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis. *Crop Sci.* 1971. v.11. p. 482 – 485.
- GARDNER, F.P.; BRENT, P.R.; MITCHEL, R.L. Carbon fixation by crop canopies. In: *Phygy of Crop Plants.* Iowa State University Press. 1985. p. 31 – 57.
- JENNINGS, P.R. Plant type as a rice breeding objective. *Crop Sci.* 1964. v.4. p.13 – 15.
- STANSEL, J.W. Effective utilization of sunlight. In *Six Decades of Rice Research in Texas.* Morriss 4. Texas. Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System and U.S. Department of Agriculture. 1975. p. 9 – 21.
- VAN KEULEN, H. A calculation method for potential rice production. *Cent. Res. Inst. Agric. Bogor, Indonesia. Contrib.* 1976. p. 21 – 26.
- VENKATESWARLU, B.; VISPERAS, R.M. Solar Radiation and Rice Productivity. *IRPS N° 129.* Manila, Philippines. 1987
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1976. v. 23. p. 437 – 464.
- YOSHIDA, S. Rice Plant Characters in relation to yielding ability. In: *Fundamentals of rice crop science.* The International Rice Research Institute. Los Baños. Philippines. 1981. p. 195 – 235.