



ACUMULACIÓN DE MASA SECA EN LOS DIFERENTES ÓRGANOS DE LA PLANTA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) Y SU RELACIÓN CON EL LLENADO DE LOS GRANOS EN LA ÉPOCA POCO LLUVIOSA

Dry matter accumulation in different organs of the rice plant (*Oryza sativa* L.) and its relationship to grain filling in the dry season

Lázaro A. Maqueira López[✉], Walfredo Torres de la Noval, Samuel A. Pérez Mesa y Rogelio Morejón

ABSTRACT. With the objective of evaluating the dry matter accumulation in different organs in four rice cultivars and its contribution to grain filling this work was developed in Scientific and Technological Basic Unit from "Los Palacios". The cultivars INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 and J-104 were used and they were sowed over a Ferruginous Nodular Gley Petroferric soil in December of 2004, February of 2005 and January of 2006. The direct sowing technology was employed. Plant breeding activities were developed as recommended by Rice Crop Technical Instructive. A Randomized Blocks Experimental Design with four replications was carried out. The distribution of the dry mass of different organs of the main stem in 25 plants per plot was evaluated and the agricultural yield at 14 % of grain moisture was determined. The data matrix obtained was processed by principal components multivariate techniques and the relationship between yield and the variables more associated was determined by a regression analysis. The results showed that the second and the third internode of the rice plants main stems are considered the highest contribution photoassimilates reserve organs to the grain filling, besides the dry mass content of these organs in anthesis could be considered by breeders as an important element for selecting cultivars with high yield potential.

Key words: rice, dry matter content, yield, growth

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la UCTB "Los Palacios", con el objetivo de evaluar la acumulación de masa seca en diferentes órganos de la planta de arroz y su contribución al llenado de los granos en cuatro cultivares. Se emplearon los cultivares INCA LP-5, Reforma, INCA LP-2 y J-104, los cuales se sembraron en diciembre del 2004, febrero del 2005 y enero del 2006 sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférico. Se empleó la tecnología de siembra directa y las actividades fitotécnicas se desarrollaron según lo recomendado por el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas. Se evaluó la distribución de la masa seca de diferentes órganos del tallo principal en 25 plantas por parcela y se determinó el rendimiento agrícola al 14 % de humedad del grano. La matriz de datos obtenida fue procesada por las técnicas multivariadas de componentes principales y se determinó la relación entre el rendimiento y las variables más asociadas mediante un análisis de regresión. Teniendo en cuenta los resultados se puede concluir que el segundo y tercer entrenudos del tallo principal en plantas de arroz se consideran como los órganos de mayor contribución de fotoasimilados de reserva al llenado de los granos y que el contenido de masa seca en estos órganos en el momento de la anthesis pudiera ser considerado como un elemento a tener en cuenta por los mejoradores para la selección de cultivares con posibilidades de alto potencial de rendimiento.

Palabras clave: arroz, contenido de materia seca, rendimiento, crecimiento

INTRODUCCIÓN

El llenado de los granos es un proceso que determina el rendimiento y constituye la fase final del crecimiento en los cereales, donde los ovarios fertilizados se desarrollan en cariósides (1).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

✉ lalberto@inca.edu.cu

Su duración y tasa de llenado determinan la masa final del grano que es un componente esencial que contribuye al rendimiento total de las plantas. En el cultivo del arroz, la etapa de llenado ha sido un proceso caracterizado por cambios en el metabolismo de los carbohidratos no estructurales como la sacarosa y el almidón (2). De acuerdo a lo señalado por algunos autores que han estudiado los cereales, los órganos de la planta, fuente y sumidero, tienen una participación activa en este proceso, donde el llenado de los granos puede ser limitado por la actividad fotosintética de la planta (la fuente) y la capacidad de absorción de los granos (el sumidero), o por la combinación de ambos (3, 4, 5).

Por tal motivo, el metabolismo de los carbohidratos de reserva ha sido examinado en diferentes órganos de la planta tales como: vainas foliares, hoja bandera, tallos y en distintos estados de maduración del grano. Esto ha permitido enfatizar sobre la distribución y la participación de los carbohidratos acumulados en estos órganos en el proceso de llenado (6); por lo que en los sistemas de producción, se le ha dado una vital importancia al manejo del cultivo en función del llenado de los granos (7), teniendo en cuenta que este proceso depende de los carbohidratos originados desde dos fuentes fundamentales, los asimilados recién sintetizados transportados directamente hacia los granos y los asimilados almacenados y distribuidos a los órganos de reservas desde los tejidos vegetativos (2).

Sin embargo, hay que destacar que el análisis de la contribución de los asimilados almacenados en los órganos de reservas de los tejidos vegetativos al llenado de los granos es relativamente complejo (8). Por ejemplo, si se tiene en cuenta los tallos, hay que partir de que estos ocupan una posición intermedia entre los principales órganos fuente y los considerados como sumidero, lo que hace aún más complicado el análisis cuando se toman en consideración las diferencias en las capacidades de almacenamiento y la movilización de reservas entre los entrenudos. Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrolló este trabajo con el objetivo de evaluar la acumulación de masa seca en diferentes órganos de la planta de arroz y su contribución al llenado de los granos en cuatro cultivares en la época poco lluviosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en áreas de la UCTB "Los Palacios", Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Se utilizaron dos cultivares de ciclo corto (INCA LP-5 y Reforma) y dos cultivares de ciclo medio (INCA LP-2 y J-104), las cuales se sembraron en la época poco lluviosa (fechas de siembra diciembre del 2004, febrero del 2005 y enero del 2006) sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico^A. Se empleó la tecnología de siembra directa, con una norma de

siembra de 120 kg ha⁻¹. Las actividades fitotécnicas se desarrollaron según lo recomendado por el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz^B. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas cada uno, con parcelas experimentales de 25 m². Para conocer la contribución de los fotoasimilados al llenado de los granos se evaluó la distribución de la masa seca de diferentes órganos del tallo principal. Para ello se tomaron cinco plantas representativas por parcela para todos los tratamientos en cada momento de muestreo (antesis, 10 y 20 días después). Para poder realizar estas determinaciones, fueron marcadas al inicio de paniculación 25 plantas por parcela en cada tratamiento (9).

A cada tallo principal seleccionado en los diferentes momentos de muestreo, se le separó sus órganos: panícula (P), lámina de la hoja bandera (HB), vaina de las hojas (VH), láminas de las restantes hojas presentes en el tallo (H) y los tres entrenudos superiores (primer entrenudo (Ent 1), segundo entrenudo (Ent 2) y tercer entrenudo (Ent 3), además del pedúnculo (Ped.)). Estas muestras fueron secadas en la estufa durante 72 horas a 70 °C hasta peso constante y posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica.

A las medias de los datos se les determinó el intervalo de confianza y fueron graficados para su análisis. También se determinó el rendimiento agrícola al 14 % de humedad del grano, datos que fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación doble y las medias comparadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

La matriz de datos obtenida, fue procesada por las técnicas multivariadas de Componentes Principales mediante la representación de un Biplot y los autovectores, con el fin de conocer el grado de asociación entre las variables en el momento de la antesis con el rendimiento. Posteriormente se determinó la relación entre el rendimiento y las variables más asociadas al mismo mediante un análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variaciones de masa seca de cada uno de los entrenudos del tallo principal (entrenudo 3, entrenudo 2, entrenudo 1 y pedúnculo) de las plantas de arroz, en los cuatro cultivares en estudio, para las diferentes fechas de siembra se aprecia en la Figura 1. Durante el período de llenado de los granos de antesis a madurez, el comportamiento de la acumulación de biomasa en los entrenudos superiores del tallo principal y el pedúnculo fue diferente para cada uno de los cultivares en las distintas fechas de siembra.

^AHernández, A. J.; Ascanio, G. M.; Morales, Marisol y León, A. La historia de la clasificación de los suelos en Cuba. Editorial Félix Varela. La Habana 2006. pp. 49-54.

^BIIArroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. Instructivos técnicos del arroz. Cuba- MINAGRI, 2001. 43 pp.

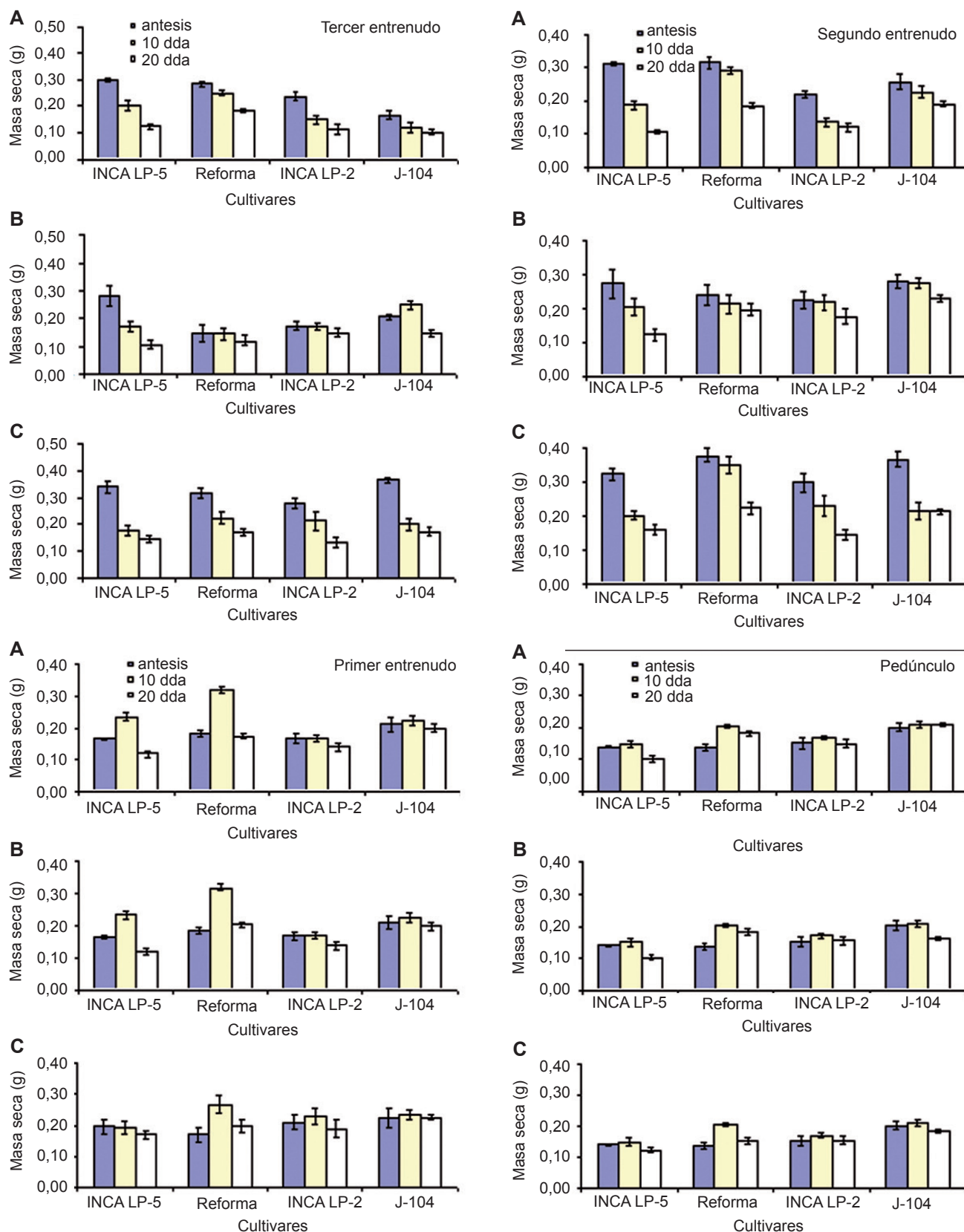


Figura 1. Masa seca (g) del tercer, segundo, primer entrenudos y el pedúnculo del tallo principal de cultivares de arroz, en tres momentos del llenado del grano en tres fechas de siembra durante la época poco lluviosa (A) diciembre 2004, (B) febrero 2005 (C) enero 2006.

Para el caso del tercer entrenudo se observó una disminución de la masa seca desde la antesis hasta los 20 días después de la antesis (dda) para todos los cultivares en las fechas de siembra de diciembre del 2004 y enero del 2006. En febrero del 2005, solo el cultivar INCA LP-5 mostró una disminución de esta variable a diferencia de los cultivares Reforma e INCA LP-2 que mantuvieron la masa seca constante durante todo el período; y en el cultivar J-104 se observó un incremento desde la antesis hasta los 10 dda para después disminuir hasta los 20 dda.

Un comportamiento muy similar se observó en la masa seca del segundo entrenudo en los distintos cultivares para las diferentes fechas de siembra. Sin embargo, en el caso del primer entrenudo (Figura 1) los cultivares de ciclo corto (INCA LP-5 y Reforma) en todas las fechas de siembra muestran un incremento de la masa seca desde la antesis hasta los 10 dda para después disminuir, solo el cultivar INCA LP-5 en enero del 2006 mantiene valores muy similares durante todo el período mostrando un comportamiento muy parecido a los cultivares de ciclo medio (INCA LP-2 y J-104) en todos los experimentos montados.

En cuanto al pedúnculo, hay que destacar que también existe diferencias entre cultivares independientemente de la fecha de siembra. En el cultivar INCA LP-5 para todas las fechas estudiadas, la masa seca se mantiene relativamente constante desde la antesis hasta los 10 dda para después disminuir; a diferencia del cultivar Reforma que a partir de la antesis comienza un aumento de la masa seca hasta los 10 dda para después disminuir. Sin embargo, los cultivares de ciclo medio muestran un comportamiento muy similar al que se encontró al evaluar el primer entrenudo.

Teniendo en cuenta todo lo observado en la Figura 1 hay que destacar que en el tercer y segundo entrenudos independientemente del cultivar y la fecha de siembra, es donde fundamentalmente se observan los mayores valores de masa seca acumulada (más del 80 % de los casos sobrepasan los 25 g), además, también es en estos dos órganos donde se aprecia una mayor disminución de la masa seca desde la antesis hasta los 20 dda (alrededor del 75 % de los casos disminuye la variable en un 50 % de lo alcanzado en el momento de la antesis). Esto demuestra que ambos órganos se comportan como sumideros de almacenamiento temporal de fotoasimilados antes de la floración, resultados similares fueron obtenidos por otros autores (10). También otros autores (8), observaron en las plantas de arroz un incremento en el contenido de almidón en el tallo, antes del proceso de la antesis y otros resaltan que los valores máximos de masa seca y sobre todo del contenido de almidón se alcanzaron alrededor de la fecha de la floración (6).

En el caso de las vainas, la disminución de la masa seca estuvo influenciada por la fecha de siembra (Figura 2), este comportamiento solo se aprecia en las fechas de diciembre del 2004 y enero del 2006. En

cuanto a la lámina de la hoja bandera los valores de masa seca se mantuvieron constantes durante todo el período y en las láminas de las hojas no existe un patrón definido en el comportamiento de esta variable. La masa seca de la panícula se incrementó significativamente desde la antesis hasta los 20 dda, los cultivares de ciclo corto INCA LP-5 y Reforma presentaron mayor masa seca en la panícula que los cultivares de ciclo medio INCA LP-2 y J-104.

El aumento en el tamaño de los sumideros producto a una mayor masa seca en la panícula pudiera ser la causa de la disminución de la masa seca en los diferentes órganos anteriormente mencionados, sobre todo en el tercer y segundo entrenudo producto a la movilización de fotoasimilados (11). En este sentido, hay que resaltar el cultivar INCA LP-5, ya que en cada fecha de siembra los valores de masa seca y la pérdida de la misma a los 10 y 20 dda supera por lo general al resto de los cultivares.

Al evaluar el rendimiento agrícola (tabla) se puede apreciar que, de manera general, el mejor comportamiento lo alcanzaron los cultivares de ciclo corto, con respecto a los de ciclo medio, aspecto que ha sido resaltado por otros autores destacando, la superioridad en cuanto al rendimiento en determinados cultivares de arroz con ciclo más precoces (12, 13, 14) aunque en la fecha de siembra de enero del 2006 no existió diferencias entre cultivares, se debe destacar además al cultivar INCA LP-5 con 6 t ha⁻¹ en todos los experimentos, lo que puede estar relacionado con lo que se resaltó anteriormente en este trabajo sobre la capacidad de almacenamiento y movilización de carbohidratos que presenta este cultivar.

En la fecha de enero del 2006 fue donde se obtuvieron los mayores valores de esta variable sin diferencias significativas entre los cultivares y es en esta fecha donde se aprecia una mayor disminución de la masa seca en el tercer y segundo entrenudos desde la antesis hasta los 20 dda, aspecto que pudo haber influido en una mayor actividad de llenado de los granos para todos los cultivares, lo que pudo estar relacionados con las condiciones climáticas que pudieron haber favorecido el proceso.

Tabla. Comportamiento del rendimiento agrícola (t ha⁻¹) al 14 % de humedad del grano y de cultivares de arroz, sembrados en época poco lluviosa.

Cultivares	Rendimiento (t ha ⁻¹)		
	diciembre 2004	febrero 2005	enero 2006
INCA LP-5	6,2 a	6,0 ab	6,2 a
Reforma	6,1 a	5,5 bc	6,1 a
INCA LP-2	5,5 bc	4,8 d	5,6 abc
J-104	5,3 cd	5,3 cd	5,7 abc
ESx		0,07	
CV		8,34	

Medias de tratamientos con letras distintas difieren significativamente $p < 0,05$, $n=4$

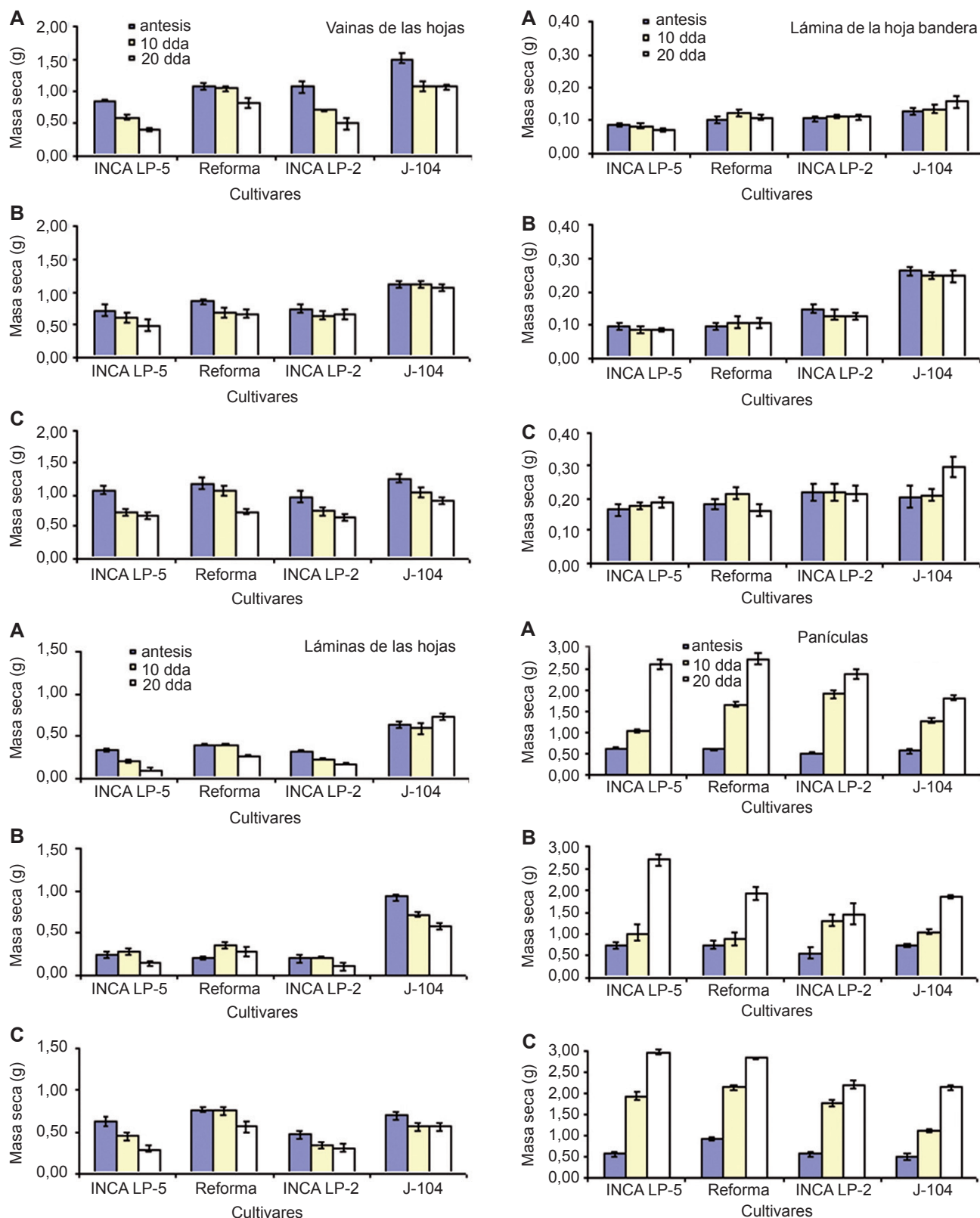
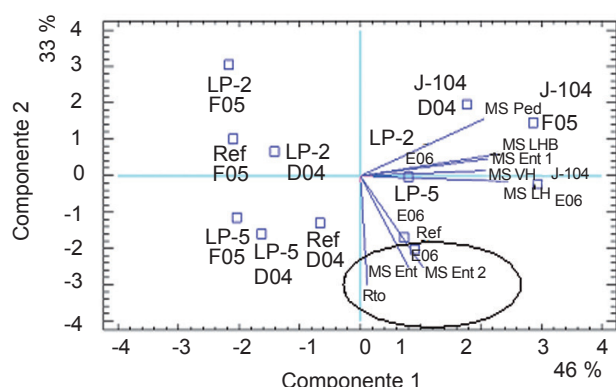


Figura 2. Masa seca de las vainas de las hojas, de la lámina de la hoja bandera, las láminas del resto de las hojas y de la panícula del tallo principal de cultivares de arroz, en tres momentos del llenado del grano y en tres fechas de siembra durante la época poco lluviosa (A) diciembre 2004 (B) febrero 2005 (C) enero 2006).

Para determinar si la masa seca perdida por los entrenudos y las demás partes de la planta pudiera atribuirse a la movilización de fotoasimilados hacia los granos durante su llenado y, por ende, destacar su influencia en el rendimiento del cultivo, se tuvo en cuenta los resultados del análisis del Biplot para ambas épocas de siembra (Figura 3). Los componentes principales 1 y 2 explicaron el 46 y 33 %, respectivamente de la variabilidad total, lo que significa que estos dos componentes principales explican un porcentaje alto (79 %) de la variación total en cuanto al comportamiento de estas variables fisiológicas.



(D04, F05 y E06, fechas de siembra: diciembre 2004, febrero 2005 y enero 2006; LP-5, Ref, LP-2, J-104, cultivares INCALP-5, Reforma, INCA LP-2 y J-104; MS Ent 1, MS Ent 2; MS Ent 3, MS Ped, MS VH, MS LH, MS LHB es la masa seca de los entrenudos 1, 2, 3; del pedúnculo, de las vainas de las hojas, de la lámina de las hojas y de la lámina de la hoja bandera respectivamente del tallo principal en plantas de arroz).

Figura 3. Distribución de las variables originales obtenidas en el momento de la antesis de las tres fechas de siembras establecidas sobre el primer y segundo componente en la época poco lluviosa.

Como se puede apreciar en la Figura 3 la mayor asociación con el rendimiento estuvo dada por la masa seca del tercer y segundo entrenudos en el momento de la antesis. A partir de este resultado se puede inferir que ambos órganos son los que más tributan al llenado de los granos con un aporte considerable a la formación del rendimiento en el cultivo del arroz bajo las condiciones de la época poco lluviosa en Cuba.

Teniendo en cuenta la asociación de la masa seca del segundo y tercer entrenudos con el rendimiento se estableció una relación entre éstos (Figura 4), donde se obtuvo un coeficiente de aproximadamente 0,80, lo que demuestra un buen ajuste desde el punto de vista matemático por lo que el rendimiento estuvo relacionado positivamente con la masa seca de esos órganos en el momento de la antesis. Esto pudiera ser un aspecto a tener en cuenta por los mejoradores en el momento de la selección de cultivares con alto potencial de rendimiento, ya que los cultivares que logren una mayor acumulación de masa seca en sus entrenudos tendrían mayor disponibilidad de fotoasimilados que serían una fuente alternativa importante de carbohidratos para el llenado de los granos en el cultivo, sobre todo cuando aún se continúa trabajando en aumentar la capacidad de rendimiento en cultivares más precoces (15).

Al respecto, en estudios desarrollados por algunos investigadores (8) se destaca que la disponibilidad de fotoasimilados presentes en los entrenudos difiere de acuerdo a la posición que ocupan estos en el tallo, y que el tercer entrenudo pudiera ser una fuente fundamental de carbohidratos de reserva para el llenado de los granos.

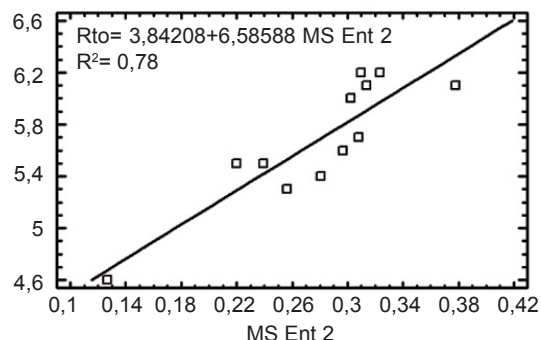
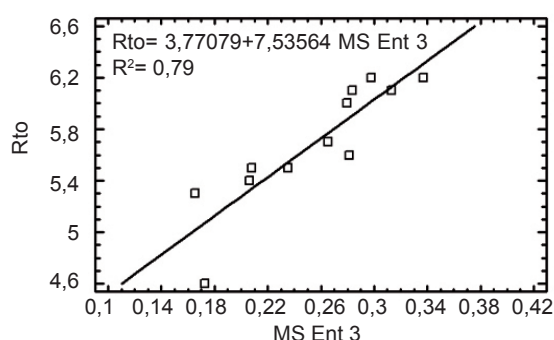


Figura 4. Relación de la masa seca (g) del segundo y tercer entrenudo del tallo principal de cuatro cultivares de arroz en el momento de la antesis y el rendimiento agrícola al 14 % de humedad del grano (t ha⁻¹). n=12.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados se puede concluir que el segundo y tercer entrenudos del tallo principal en plantas de arroz se consideran como los órganos de mayor contribución de fotoasimilados de reserva al llenado de los granos y que el contenido de masa seca en estos órganos, en el momento de la antesis, pudiera ser considerado como un elemento a tener en cuenta por los mejoradores para la selección de cultivares con posibilidades de alto potencial de rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Takai, T.; Fukuta, Y.; Shiraiwa, T. y Horie, T. Time-related mapping of quantitative trait loci controlling grain-filling in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 2005, vol. 56, no. 418, pp. 2107-2118. ISSN: 1460-2431.
2. Yang, J. y Zhang, J. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 2006, vol. 169, pp. 223-236. ISSN: 1469-8137.
3. Hernández Córdova, Naivy y Soto Carreño, Francisco. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 2, pp. 24-29. ISSN: 1819-4087.
4. Hernández Córdova, Naivy y Soto Carreño, Francisco. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 2, pp. 44-49. ISSN: 1819-4087.
5. Yang, J. y Zhang, J. Grain-filling problem in super rice. *Journal of Experimental Botany*, 2010, vol. 61, no. 1, pp. 1-5. ISSN: 1460-2431.
6. Cuéllar, N. D. y Arrieta, J. M. Evaluación de respuestas fisiológicas de la planta arborea *Hibiscus rosasinensis* L. (Cayeno) en condiciones de campo y vivero. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 2010, vol. 11, no. 1, pp. 61-72. ISSN: 0122-8706.
7. Polón Pérez, Ricardo; Castro Alvarez, Rodolfo; Ruiz Sánchez, Michel y Maqueira López, Lázaro A. Práctica de diferentes alturas de corte a cultivo de rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 4, pp. 59-62. ISSN: 1819-4087.
8. García, A.; Dorado, M.; Pérez, I. y Montilla, E. Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Interciencia*, 2010, vol. 35, no. 1, pp. 54. ISSN: 0378-1844.
9. Nagata, K.; Yoshinaga, S.; Takanashi, J. y Terao, T. Effects of dry matter production of non structural carbohydrates and nitrogen application on grain filling in rice cultivar Takanari, a cultivar bearing a large number of spikelets. *Plant Production Science*, 2001, vol. 4, no. 3, pp. 173-183. ISSN: 1349-1008.
10. García, A.; Dorado, M.; Pérez, I.; Cun, R.; López, T. y Montilla, E. Acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz en condiciones de déficit hídrico. *Agronomía Tropical*, 2009, vol. 59, no. 1, pp. 15-24. ISSN: 0002-192X.
11. Ralph, A.; Assol, D.; Magalhães, A.; Costa, A. y Bacarin, M. Crescimento e partição de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. *Bragantia Campinas*, 2009, vol. 68, no. 3, pp. 563-571. ISSN: 1678-4499.
12. Acevedo, Marco A.; Salazar, M.; Castillo, W.; Torres, O.; Reyes, E.; Navas, M.; Alvarez, R.; Moreno, O. y Torres, E. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 2011, vol. 61, no. 1, pp. 15-26. ISSN: 0002-192X.
13. Acevedo, Marco A.; Castillo, W. y Torres, O. Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos LIN-BINNS y AMMI. *Agronomía Tropical*, 2010, vol. 60, no. 2, pp. 131-138. ISSN: 0002-192X.
14. Morejón, Rogelio y Díaz, Sandra H. Combinación de las técnicas estadísticas multivariadas y el diseño aumentado modificado (DAM) en la selección de líneas de prueba en el programa de mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 3, pp. 65-70. ISSN: 1819-4087.
15. Atencio, V. J.; Berrio, L. E.; Borrero, J. y Carabalí, S. J. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. Publicación CIAT No. 370. Cali, Colombia: Imágenes Gráficas S.A., 2010. 487 pp. ISBN: 978-958-694-103-7.

Recibido: 4 de septiembre de 2013

Aceptado: 5 de julio de 2014

¿Cómo citar?

Maqueira López, Lázaro A.; Torres de la Noval, Walfredo; Pérez Mesa, Samuel A. y Morejón, Rogelio. Acumulación de masa seca en los diferentes órganos de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) y su relación con el llenado de los granos en la época poco lluviosa. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 49-55. ISSN 1819-4087. [Consultado: ____]. Disponible en: <-----/>.