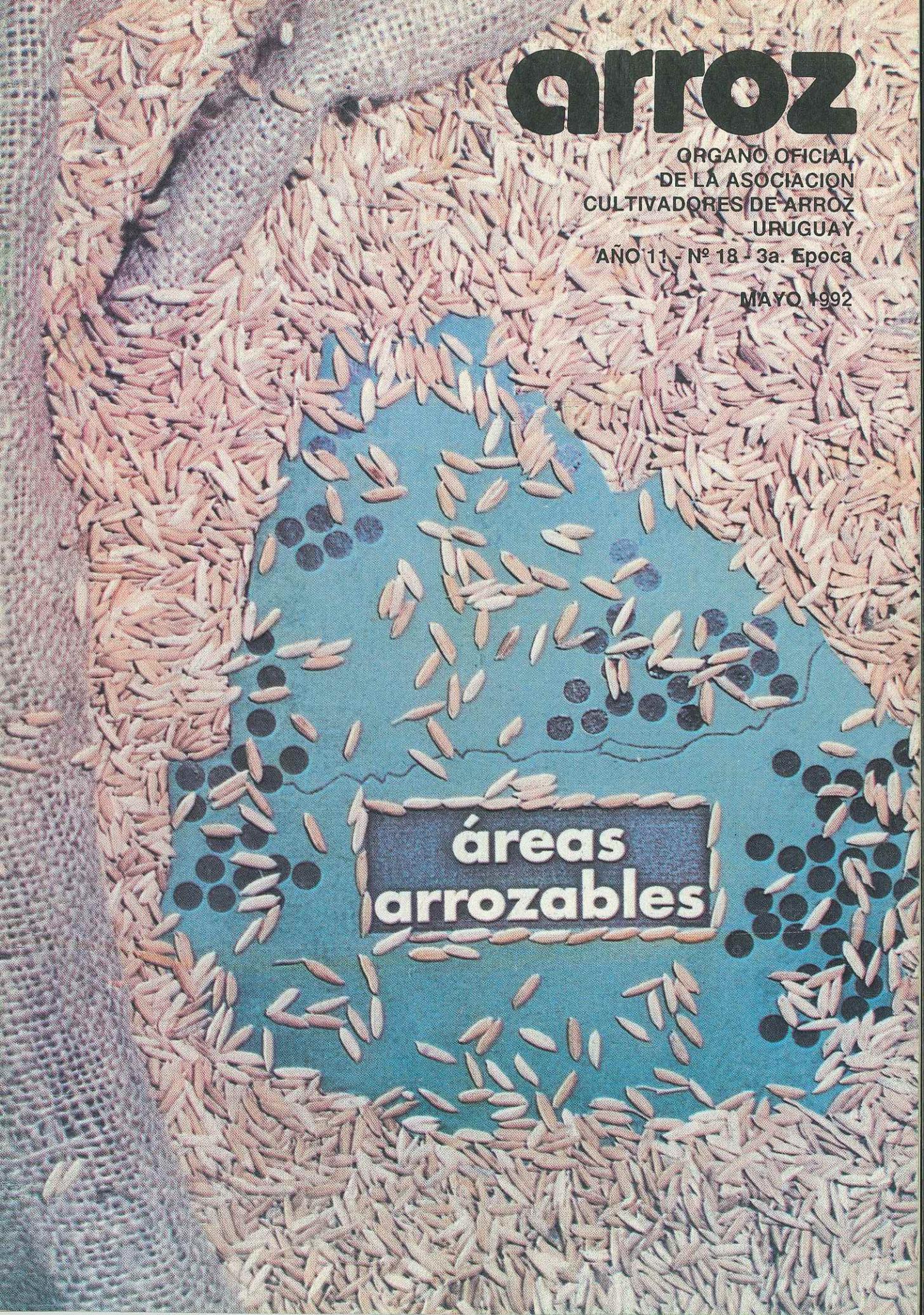


arroz

ORGANO OFICIAL
DE LA ASOCIACION
CULTIVADORES DE ARROZ
URUGUAY

AÑO 11 - Nº 18 - 3a. Epoca

MAYO 1992



áreas
arrozables

Crecimiento y participación de asimilatos en cultivares de arroz de diferente ciclo

Ing. Agr. Pedro Blanco Barral *

El presente artículo es un resumen de la tesis presentada por el autor como uno de los requisitos para la obtención del título de M.Sc. en la Universidad de Arkansas, Fayetteville. El propósito del trabajo fue comparar la tecnología, crecimiento, partición de asimilatos y componentes del rendimiento de algunas variedades de arroz de Arkansas, extremadamente precoces a tardías (90 a 145 días a madurez), en dos fechas de siembra.

Introducción

Los cultivares de arroz precoces han sido muy importantes en la producción arrocerca de EEUU por varios años. Estas variedades de arroz de ciclo corto se adecuan a sistemas de producción intensivos, proveen una segunda cosecha de rebrote si la estación de crecimiento es lo suficientemente larga, abaten los costos de irrigación y tienen alta eficiencia en el uso del agua. También permiten flexibilidad en las fechas de siembra, evitando años por bajas temperaturas al comienzo o final de la estación, presentando, asimismo, alta producción por día y alto índice de cosecha (peso de grano/peso grano+paja).

El desarrollo de la planta de arroz es comúnmente dividido en tres etapas (Tanaka, 1976):

- vegetativa, de germinación a iniciación de la panoja o primordio.
- reproductiva, de iniciación de la panoja a 50% de floración.
- llenado de grano, de 50% de floración a madurez fisiológica.

La fase vegetativa es considerada como la responsable de la mayor parte de las diferencias en ciclo entre las variedades, mientras que la etapa reproductiva se menciona como relativamente constante, oscilando en 25 a 30 días. La fase de llenado de grano es considerada como una constante de cada área arrocerca (Yoshida, 1981; Jennings et al., 1979; Tanaka 1976). El ciclo de las variedades insensibles al fotoperíodo es fuertemente afectado por la temperatura, cuyo principal efecto es sobre la fase vegetativa (Keisling et al., 1984; Yoshida, 1981).

La curva normal de desarrollo de la planta de arroz muestra una disminución en la tasa de crecimiento hacia el final del ciclo. La producción de materia seca total es mayor en las variedades de ciclo largo, mientras que las variedades precoces muestran una mayor tasa de crecimiento del cultivo (TCC) luego de floración, y si ésta es suficientemente alta puede compensar un período de crecimiento corto (Murata, 1976; Murata y Matsushima, 1975). Las características morfológicas

*Departamento Cultivos, INIA Treinta y Tres
Estación Experimental del Este

asociadas con una gran capacidad de almacenaje en la panoja tienen una heredabilidad moderadamente alta y pueden ser modificadas por manipulación genética. Esta capacidad de almacenaje puede tener un importante efecto en las variedades precoces, afectando sus altas tasas de crecimiento durante el llenado de granos.

Durante el desarrollo, las plantas de arroz almacenan carbohidratos, tales como almidón y azúcares. Los carbohidratos almacenados en los tallos y vainas son luego trasladados a la panoja, contribuyendo 20 a 40% de los carbohidratos del grano, actuando como un seguro y evitando el aborto de granos durante períodos de tiempo nuboso y de alta demanda de las panojas (Turner y Jund, 1990; Lafitte y Travis, 1984). El almacenamiento de carbohidratos pre-floración es más importante en variedades de ciclo largo, mientras que las variedades precoces producen gran cantidad de carbohidratos durante las fases de floración y llenado de grano. Se ha señalado que la cantidad de carbohidratos transportados de órganos vegetativos al grano es menor en variedades precoces, resultando en alta eficiencia de crecimiento durante maduración (Tanaka, 1972; Vergara et al., 1966). Sin embargo, este almacenamiento pre-floración desempeñaría un importante rol en el rendimiento de las variedades modernas (Park et al., 1988).

El potencial de rendimiento de las variedades precoces ha sido considerado limitado en ambientes tropicales, debido a que en condiciones de transplante la capacidad de macollaje es crítica (Yoshida, 1981). Un período vegetativo de 45 días, o un ciclo total de 90 a 100 días (en ambientes tropicales o subtropicales), no es limitante para la obtención de altos rendimientos en algunas variedades modernas de arroz, si las prácticas culturales se ajustan adecuadamente (Venkateswarlu et al., 1987). Algunos investigadores creen que se ha llegado a un límite, más allá del cual los intentos por acortar aún más los ciclos pueden resultar en una reducción del potencial de rendimiento (Yoshida, 1981).

Al evaluarse nuevas líneas de arroz muy precoces en el programa de mejoramiento de Arkansas, existe

necesidad de disponer de más información sobre la fisiología del rendimiento de este material. Es necesario determinar si el potencial de rendimiento fue reducido y, si éste es el caso, qué componentes del rendimiento son afectados, así como establecer diferencias en almacenamiento y partición de asimilatos. El entendimiento de estas relaciones es importante en el establecimiento de los objetivos de mejoramiento.

Los objetivos del experimento fueron determinar la fenología de las variedades, analizar crecimiento y partición de materia seca utilizando técnicas de análisis de crecimiento para el cálculo de tasas de crecimiento, asimilación neta, e índice de área foliar, estudiar el almacenamiento y partición de carbohidratos totales no estructurales en los órganos vegetativos, y determinar rendimiento y sus componentes.

Materiales y métodos

El experimento fue conducido durante 1990 en el Rice Research and Extension Center, localizado en Stuttgart, perteneciente a la Universidad de Arkansas-Fayetteville. Se evaluaron cinco variedades de arroz de grano largo, cuyos ciclos a floración fueron los siguientes:

Starbonnet, ciclo largo, 103 días.

Newbonnet, ciclo medio, 95 días.

L202, ciclo corto, 81 días.

Alan, ciclo muy corto, 77 días.

RU9101001, ciclo extremadamente corto, 68 días.

acumulados), basado en el programa DD50. Este programa considera una temperatura basal de 10° C.

El rendimiento fue calculado cosechando las dos hileras centrales y fue expresado en kg/há (12% de humedad). Los componentes del rendimiento se determinaron en una muestra de 1 m de hilera tomada de uno de los surcos centrales en la etapa de madurez fisiológica. Se calcularon los cuatro componentes básicos: panojas/m², espigullas/panoja, % de esterilidad, y peso de grano (mg). Estos componentes se utilizaron para calcular la capacidad de almacenaje en la panoja.

Para el análisis de crecimiento, las variedades fueron muestreadas en cuatro estados de desarrollo: 1) elongación de entrenudos (EE), 2) 50% floración (F), 3) 12 días post-floración (F+12D), y 4) madurez fisiológica (MAD). La mayoría de las variables se reportan como valores promedio para cada estado de desarrollo en que se tomó la muestra, mientras que las tasas de crecimiento del cultivo (TCC) y de asimilación neta (TAN) se expresan como valores promedio para la fase de desarrollo entre muestras. Las fases de desarrollo se definen como 1) vegetativa (VEG), 2) desarrollo de panoja o reproductiva (REP), llenado de grano temprano (EGF), y llenado de grano tardío (LGF). La tasa de crecimiento del cultivo expresa la ganancia de materia seca total por m² de suelo por día (g/m²/día). El tamaño de muestra fue de 1 m de hilera tomado de uno de los surcos centrales. Una sub-muestra de 15



Starbonnet, Newbonnet y Alan son variedades lanzadas por el programa de mejoramiento de arroz de Arkansas, mientras que L202 fue lanzada por el programa de California. RU9101001 es una línea experimental del programa de Arkansas. Alan es una de las variedades más precoces disponible a nivel comercial en EEUU. Newbonnet, a pesar de haber quebrado su resistencia a *Pyricularia* hace varios años, continúa en una área importante (Fig. 1).

Las variedades fueron evaluadas en dos fechas de siembra, 24 de abril y 25 de mayo de 1990, con cuatro repeticiones. El arroz fue sembrado a una densidad de 134 kg/há y cada parcela consistió de 6 hileras de 4.6 m de largo con 0.19 m entre hileras. Las parcelas fueron fertilizadas con un total de 165 kg N/há, como urea, dividido en tres aplicaciones, con 87 kg pre-inundación, 39 kg al primordio y 39 kg en embarrigado.

La duración de las fases de desarrollo fue establecida en tiempo calendario (días) y termal (grados

Fig. 1. Las variedades Alan, Newbonnet, y RU9101001 en la primera fecha de siembra. Al fondo se observan las instalaciones del Rice Research and Extension Center de la Universidad de Arkansas.

tallos fue dividida en hoja, tallo, vaina y panoja, para los cálculos de materia seca y área foliar.

La concentración de carbohidratos totales no estructurales (CTNE) fue determinada en la lámina de la hoja, vaina y tallo, en las muestras tomadas en cada etapa de desarrollo. El procedimiento seguido fue el utilizado en el Regional Rice Quality Laboratory, Beaumont, Texas (Webb, com. pers.), el cual es una modificación del método de Smith (1981). Las muestras fueron secadas y molidas. El almidón fue gelatinizado en baño de agua hirviendo, los carbohidratos fueron hidrolizados con una solución enzimática (takadiastasa 0,5%), incubados 44 horas y filtrados. Se agregó acetato de plomo y las muestras

fueron diluidas, decantadas y centrifugadas. Luego de agregado oxalato de potasio se analizó el poder reductor, consistiendo en filtrado, dilución con reactivo 50, baño de agua hirviendo y titulación con solución de tiosulfato de sodio, utilizando almidón como indicador.

Cada fecha de siembra fue dispuesta en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, considerando estado de desarrollo como sub-parcela dentro de variedades. Ambas fechas de siembra fueron analizadas conjuntamente, probando los efectos de fecha de siembra, variedades, estado de desarrollo y sus interacciones.

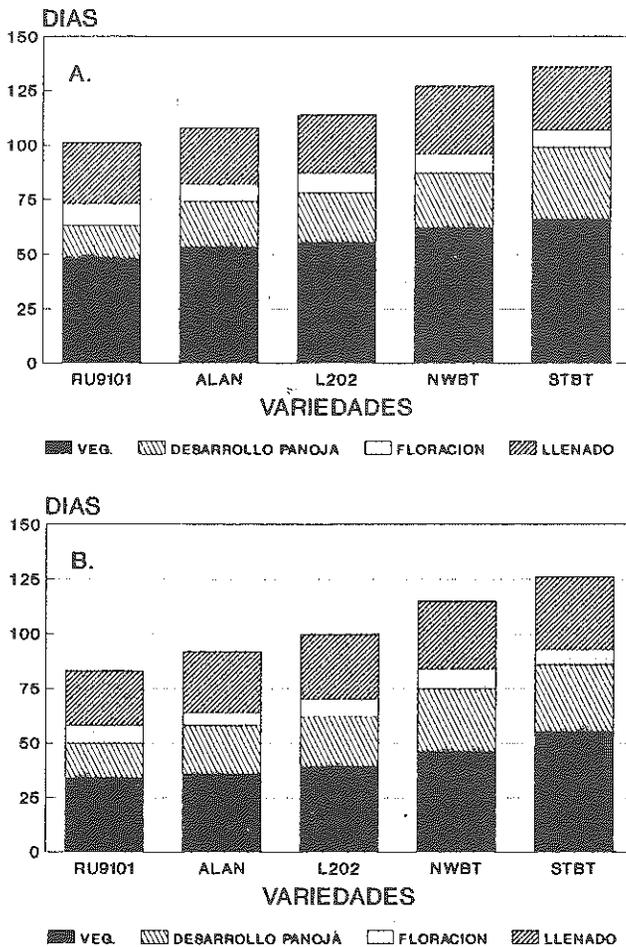


Fig. 2. Duración de las fases de crecimiento (días) para variedades de arroz de diferente ciclo. (A) primera fecha de siembra y (B) segunda fecha de siembra. Fase vegetativa: de emergencia del cultivo a elongación de entrenudos.

Resultados y discusión

Fenología y rendimiento. El ciclo a madurez de las variedades varió de 101 a 136 días, para la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente. Casi la totalidad de las diferencias en ciclo observadas entre variedades fue debida a una menor duración de las fases vegetativa y de desarrollo de la panoja o reproductiva (Fig. 2). La variabilidad en la duración de la fase de desarrollo de la panoja fue más amplia que la mencionada en la literatura. El desarrollo de la panoja requirió 16 y 32 días para RU9101001 y para Starbonnet, respectivamente. El corto período reproductivo (primordio floral a floración) de RU9101001 determinó casi la totalidad de la diferencia de ciclo

entre esta línea extremadamente precoz y Alan, ya que la duración de la etapa vegetativa fue similar en ambas.

La mayor parte de la reducción de ciclo entre la primera y segunda fecha de siembra fue debida a una fase vegetativa más corta (Fig. 2). Este acortamiento fue debido a una mayor temperatura durante la fase vegetativa del segundo experimento, pero la temperatura no explicó la totalidad de este fenómeno, ya que la acumulación térmica fue menor en la segunda fecha de siembra. Esto puede deberse a una pequeña sensibilidad al fotoperíodo, lo cual es poco probable, o a que los límites de temperatura utilizados en el programa DD50, que fueran ajustados en variedades de ciclo medio y largo, no son adecuados para las nuevas variedades muy precoces.

A pesar de su reducido período vegetativo y de macollaje, las variedades de ciclo muy corto tuvieron más panojas, aunque de menor tamaño, y mostraron menor compensación entre componentes del rendimiento que las de ciclo largo. Es decir que, en las variedades precoces, un mayor número de panojas por superficie, en el segundo experimento, no necesariamente implicó un menor número de granos por panoja o un menor peso de grano, tal como ocurrió en las variedades de ciclo medio y largo. Las variedades extremadamente precoces no mostraron una etapa reproductiva superpuesta con la vegetativa, como señalan algunos informes, ya que el número de macollos

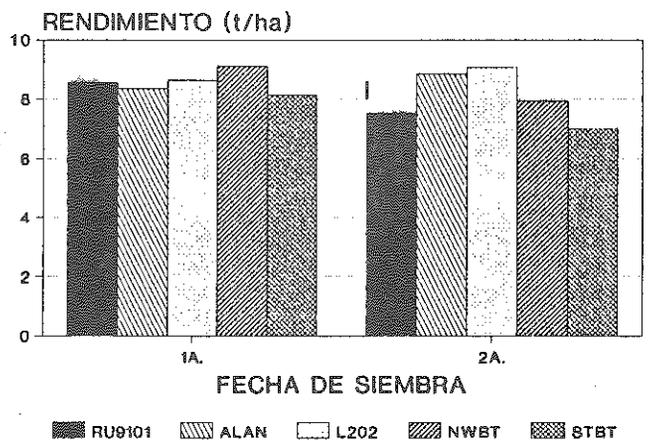


Fig. 3. Rendimiento de grano de variedades de arroz de diferente ciclo en dos fechas de siembra. La barra indica la MDS, $P=0.05$, para promedios de variedades dentro de una fecha de siembra.

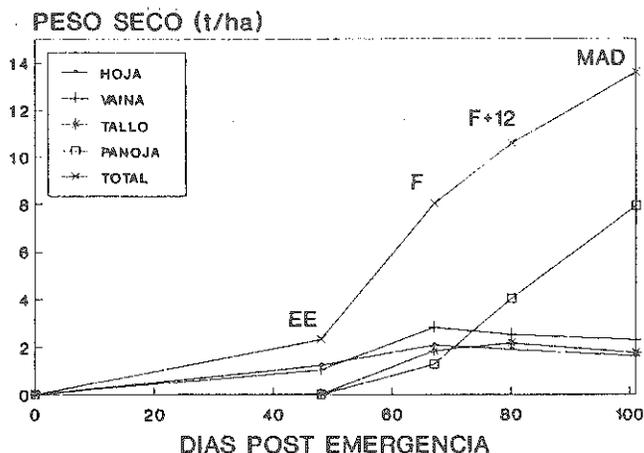
decreció luego de la iniciación de la panoja. Las variedades extremadamente precoces no mostraron una etapa reproductiva superpuesta con la vegetativa, como señalan algunos informes, ya que el número de macollos decreció luego de la iniciación de la panoja. Las variedades de ciclo medio y largo mostraron un importante descenso en el número de macollos desde primordio a madurez, mientras que la retención de macollos fue mayor en las variedades de ciclo corto.

El rendimiento de grano de la variedad de ciclo medio Newbonnet (9.13 a 7.94 t/há) no fue significativamente mayor que el de la línea extremadamente precoz RU9101001 (8.5 a 7.52 t/há) para ambas fechas de siembra (Fig. 3). La reducción de rendimiento de RU9101001, del primer al segundo ensayo, fue debida a panojas de menor tamaño, y aquella observada en variedades de ciclo medio y largo fue debida a un incremento en la esterilidad o en el porcentaje de granos parcialmente llenos. En la

primera fecha de siembra no existió una clara relación entre rendimiento y ciclo. En la segunda fecha de siembra, las variedades muy precoces, Alan y L202, tuvieron rendimientos significativamente más altos, 8.86 y 9.07 t/há, respectivamente, que las demás variedades.

Una fase de desarrollo de la panoja extremadamente corta como la de RU9101001, 15 días comparado con 25 días, unido a una breve fase vegetativa, puede tornar a una variedad relativamente más vulnerable a un período de clima adverso, debido a la competencia por asimilatos entre la panoja y los tallos en desarrollo, resultando en panojas con menos granos.

RU9101001. 1a. Siembra



Starbonnet. 1a. Siembra

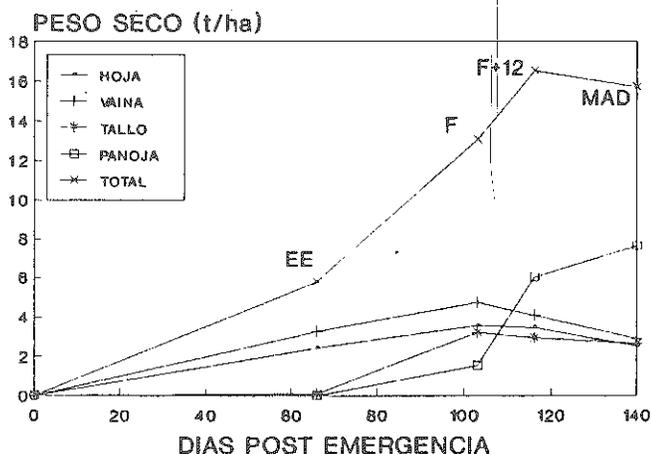


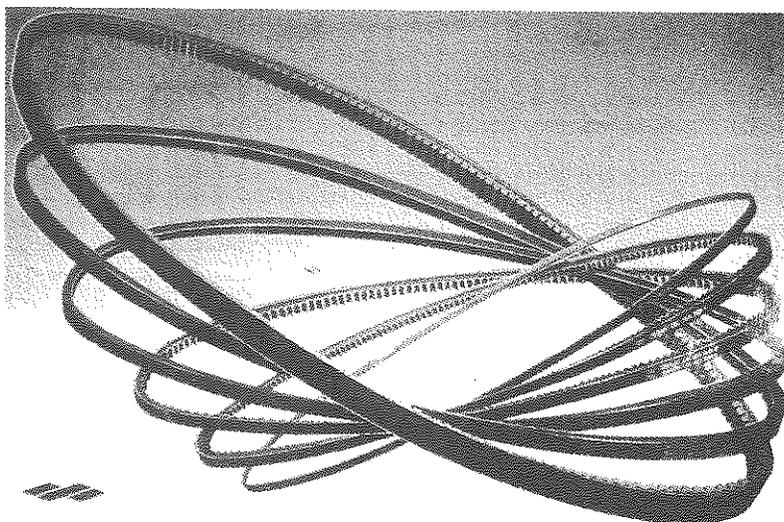
Fig. 4. Producción y partición de materia seca en cuatro estados de desarrollo en la primera fecha de siembra para la línea extremadamente precoz RU9101001 y la variedad de ciclo largo Starbonnet. Las demás variedades tuvieron un comportamiento intermedio entre estos extremos. Estados de desarrollo: elongación de entrenudos (EE), 50% floración (F), 12 días post-floración (F+12), y madurez (MAD). Cada punto es la media de cuatro repeticiones. Nótese la diferencia de escala entre ambas variedades.

Análisis de crecimiento. Las variedades de ciclo corto acumularon más materia seca, de floración a madurez, que las variedades de ciclo medio y largo. El incremento en peso seco total durante llenado de grano varió de 66%, en RU9101001, a 18% en Starbonnet, para el promedio de ambos ensayos. Los cultivares muy precoces mostraron un leve decrecimiento en

CORREAS EN "V" Y PLANAS

KLEBER (francesa)
GOOD YEAR (brasileña)

Fabricación perfecta
Larga duración



Sucesores de Luis Casaretto S.A. SIN SUCURSALES

RIO NEGRO 1563/79 - Tels.: 92 32 62

peso seco de los órganos vegetativos luego de floración. Estos resultados pueden indicar una menor removilización de carbohidratos almacenados. A medida que el ciclo de las variedades fue más corto, la tasa de crecimiento de la panoja durante la primera mitad de llenado de grano decreció, la disminución en peso seco de la fracción vegetativa fue menos importante, y la tasa de crecimiento de la panoja durante la segunda parte de llenado de grano se incrementó (Fig. 4).

Las tasas medias de crecimiento del cultivo (tasa de crecimiento por área de suelo) y de asimilación neta (tasa de crecimiento por unidad de área foliar) estuvieron inversamente relacionadas con el largo de ciclo. La tasa media de crecimiento del cultivo de RU9101001, en la segunda fecha de siembra, (17.9 g/m²/día) fue mayor que los máximos valores reportados en Japón desde transplante a madurez (Tanaka, 1976). Las variedades muy precoces tuvieron una alta TCC durante las fases reproductiva y segunda mitad de llenado de grano, alcanzando 30 g/m²/día, para el período de desarrollo de la panoja, lo cual está cerca de la máxima tasa de crecimiento de corto plazo reportada en arroz (Yoshida, 1981) (Fig. 5). RU9101001 y Alan mantuvieron alta tasa de asimilación neta durante la segunda parte de llenado de grano, no exhibiendo la declinación característica de esta etapa. Las altas tasas de crecimiento y de asimilación neta de las variedades más precoces resultaron en rendimientos similares o mayores que los observados en el cultivar Newbonnet, de alto rendimiento y ciclo medio.

Almacenamiento de carbohidratos. La concentración de carbohidratos totales no estructurales (CTNE) (g/kg de materia seca) decreció luego de la elongación de entrenudos, mientras que su contenido absoluto (kg de carbohidratos/há) fue máximo en floración y decreció durante llenado de grano (Fig. 6). El descenso de los carbohidratos almacenados fue más rápido durante la fase reproductiva y de llenado de grano de la segunda fecha de siembra, lo cual fue explicado por la mayor temperatura durante estos períodos de desarrollo en ese experimento. La concentración de carbohidratos en tejidos vegetativos no estuvo directamente relacionada con el ciclo de las variedades.

La máxima concentración de CTNE en vainas y tallos, para el promedio de las variedades, fue de 214.3 y 279 g/kg en elongación de entrenudos y floración, respectivamente. La reducción en la concentración de carbohidratos en vainas y tallos no siguió la misma tendencia. En madurez, la concentración de CTNE en las vainas fue baja en todas las variedades (27.8 g/kg), sin ningún incremento al final de la estación. Por el contrario, la concentración en los tallos al momento de la cosecha mostró importante variabilidad entre cultivares, de 171 a 91 g/kg para la media de ambos experimentos, y algunas variedades mostraron un incremento en la concentración durante la última parte de llenado de grano. Una mayor capacidad de almacenaje en el grano estuvo relacionada con bajas concentraciones de carbohidratos en los tallos.

Las variedades de ciclo medio y largo tuvieron un mayor contenido absoluto de CTNE hasta floración, mientras que en madurez la línea extremadamente precoz y la variedad de ciclo largo mostraron similar contenido (Fig. 6). La totalidad de carbohidratos movilizados desde órganos vegetativos al grano, de floración a madurez, fue similar para variedades con ciclo muy corto a largo (1015 a 1228 kg CTNE/há), pero

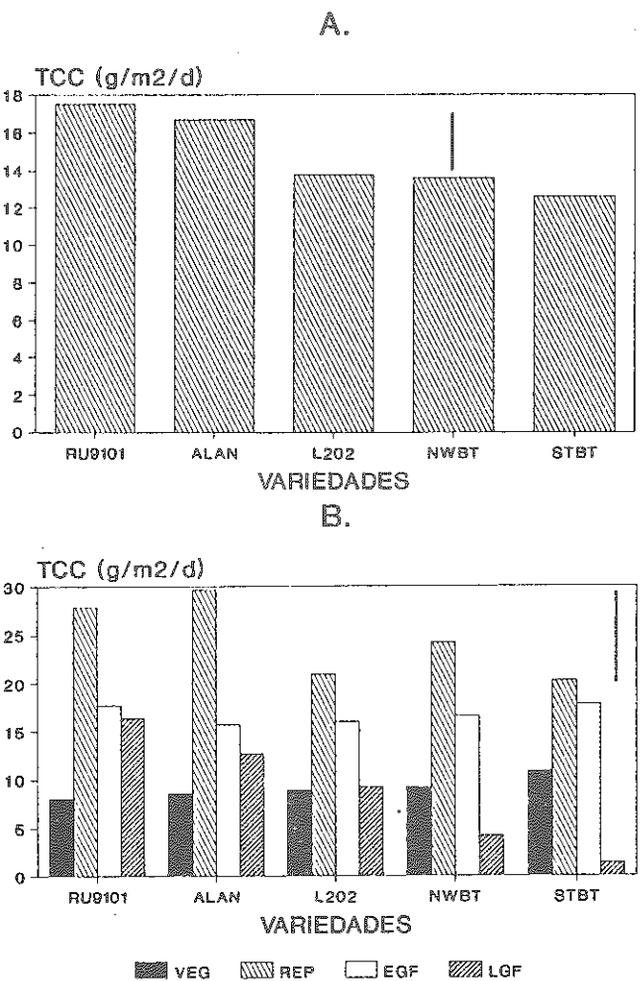


Fig. 5. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) para cinco variedades de arroz. (A) TCC promedio durante todo el ciclo. Cada valor es la media de dos fechas de siembra, cuatro repeticiones, y cuatro estados de desarrollo. La barra indica la MDS, $P=0.05$. (B) TCC durante las fases vegetativa (VEG), reproductiva (REP), llenado de grano temprano (EGF) y tardío (LGF). Cada valor es la media de dos fechas de siembra y cuatro repeticiones. La barra indica la MDS, $P=0.05$, para estados de desarrollo dentro de una misma variedad.

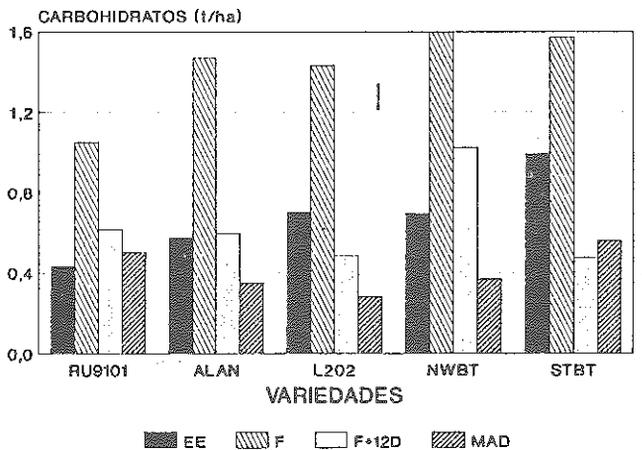


Fig. 6. Contenido absoluto de carbohidratos totales no estructurales en elongación de entrenudos (EE), floración (F), 12 días post-floración (F+12D), y madurez (MAD) para cinco variedades de arroz. Cada valor es la media dos fechas de siembra y tres repeticiones. La barra representa la LSD, $P=0.05$, para estados de desarrollo dentro de variedades.

fue menor en la línea extremadamente precoz RU9101001 (549 kg/há). Esta línea mantuvo una alta concentración de CTNE en los tallos durante llenado de grano.

Los carbohidratos almacenados en órganos vegetativos significaron una importante contribución al llenado de grano aún en variedades muy precoces como Alan y L202. El almacenamiento de carbohidratos en las variedades precoces parece ser suficiente como para actuar de «buffer» o compensador en caso de adversidades climáticas. Este almacenamiento también influye en el crecimiento de rebrote (ratoon) posterior a la cosecha (Turner y Jund, 1990). La alta concentración de carbohidratos en los tallos de RU9101001 puede haber sido determinante del buen rebrote observado en esta línea.

Conclusiones

1. Fenología. La duración de las fases vegetativa y reproductiva determinaron la mayor parte de las diferencias de ciclo entre variedades.

Las variedades no mostraron una superposición de las fases vegetativa y reproductiva.

2. Crecimiento. Las mayores tasas de crecimiento de las variedades más precoces resultaron en rendimientos similares o superiores a los de las variedades de ciclo medio y largo.

3. Carbohidratos. La concentración de CTNE en tejidos vegetativos decreció durante el desarrollo, mientras que el contenido absoluto decreció luego de floración. El decrecimiento fue más lento en la primera fecha de siembra y en las variedades precoces.

La concentración de CTNE no estuvo directamente relacionada con el ciclo de las variedades.

4. Rendimiento. Ciclos extremadamente cortos no fueron limitantes para la obtención de altos rendimientos en la primera fecha de siembra. Sólo las variedades de ciclo corto o muy corto mantuvieron altos rendimientos en la segunda fecha de siembra.

Las variedades de ciclo corto tuvieron una mayor población de panojas.

Bibliografía

Jennings, P.R., W.R. Coffman, and H.E. Kauffman. 1979. Rice Improvement. IRRI. Los Baños, Philippines.

Keisling, T.C., B.R. Wells, and G.L. Davis. 1984. Rice management decision aids based upon thermal time base 50 F. Extension Computer Technical Bulletin No. 1. Cooperative Ext. Service, Univ. of Arkansas, USDA.

Lafitte, H.R., and R.L. Travis. 1984. Photosynthesis and assimilate partitioning in closely related lines of rice exhibiting different sink:source relationships. *Crop Sci.* 24:447-452.

Murata, Y., and S. Matsushima. 1975. Rice, p. 73-99. In *Crop Physiology, Some case histories*. L.T. Evans ed. Cambridge University Press, London.

----. 1976. Productivity of rice in different climatic regions of Japan, p. 449-470. In *Climate and rice*. IRRI. Los Baños, Philippines.

Park, W.D., D.L. Andrews, C.N. Bollich, and B.D. Webb. 1988. Role of preheading storage in rice yield, p. 26. In *Proc. XXII Rice Technical Working Group*. Davis, California.

Smith, D. 1981. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. R2107. Research Division, College of Agricultural and Life Sciences. University of Wisconsin-Madison.

Tanaka, A. 1972. Efficiency of respiration, p. 438-498. In *Rice breeding*. IRRI. Los Baños, Philippines.

----. 1976. Comparisons of rice growth in different environments, p. 429-448. In *Climate and Rice*. IRRI. Los Baños, Philippines.

Turner, F.T., and M.F. Jund. 1990. Main-crop N and stem carbohydrate influence on ratoon rice yields, p. 116-117. In *Proc. XXIII Rice Technical Working Group*. Biloxi, Mississippi.

Venkateswarlu, B., B.S. Vergara, and R.M. Visperas. 1987. Influence of vegetative growth duration on grain grade. *Int. Rice Res. Newsl.* 12(1):4-5.

Vergara, B.S., A. Tanaka, R. Lillis, and S. Puranabhang. 1966. Relationships between growth duration and grain yield of rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 12(1):31-39.

Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of rice crop science*. IRRI. Los Baños, Philippines.

MASSARI HNOS. S. A.

RAMBLA B. BRUM 2757 - Tel. 23.48.26 — MARTIN BERINDUAGUE 778 - Tel. 39.13.37

REPARACIONES EN PIEZAS DE MAQUINARIA VIAL, AGRICOLA E INDUSTRIAL

UNICOS CON TRATAMIENTOS TERMICOS POR INDUCCION

SOLDADURA ELECT. Y AUTOGENA EN GRAL., RELLENOS DE ALTA RESISTENCIA
EN CARRILES, RUEDAS Y CADENAS DE TRACTOR DE ORUGA Y COSECHADORAS
CON PROCESO ARCO SUMERGIDO