



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES DEL CRECIMIENTO EN VARIEDADES DE ARROZ DE TIPO JAPÓNICA BAJO CONDICIONES DE SECANO FAVORECIDO

Evaluation of growth variables behaviors in varieties of Japonica rice under rainfed favored condition

Lázaro A. Maqueira López✉, Deborah González, Walfredo Torres de la Noval y Masaaki Shiraishi

ABSTRACT. With the objective of analyzing the behavior of the variables in the growth of three rice varieties (Toyahatamochi, Kiyohatamochi and Akitakomachi) under favored rainfed conditions, this research was conducted. A randomized block experimental design with three treatments and four replications was employed. The dry mass (g) and the leaf area (m²) of the rice plants in an area of 0,125 m² in each experimental plot, starting 25 days after germination, was determined. The growth dynamics of these variables was fitted to a second-degree polynomial exponential mathematical function, $y = e^{(b_0 + b_1x + b_2x^2)}$. Then, the absolute growth rate (TAC) was calculated. The amount of roots which are present in the soil at 10,20 and 30 cm of depth, in the grain filling phase, was determined. These data were processed using a dual classification ANOVA, using the multiple range test of Duncan ($p < 0,05$) for comparing means. The results of this work showed that variety Kiyohatamochi presents the best features from the point of view of growth for favored rainfed conditions in the region, since it has a good behavior in the development of the leaf surface. It also presents the best results referred to the dry mass production, variable that is closely related to the final yield of the crop, also has a good vertical root system.

RESUMEN. La investigación se desarrolló con el objetivo de analizar el comportamiento de las variables del crecimiento de tres variedades de arroz Toyahatamochi, Kiyohatamochi y Akitakomachi bajo condiciones de secano favorecido. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro réplicas. Se determinaron la masa seca (g) y la superficie foliar (m²) de las plantas de arroz en un área de 0,125 m² en cada parcela experimental, a partir de los 25 días después de la germinación. La dinámica de crecimiento de estas variables se ajustó a una función matemática exponencial polinómica de segundo grado, $y = e^{(b_0 + b_1x + b_2x^2)}$, posteriormente se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC). En la fase de llenado del grano se determinó la cantidad de raíces presentes en el suelo cada 10, 20 y 30 cm de profundidad. Estos datos se procesaron mediante un ANOVA de clasificación doble, utilizándose la prueba de rangos Múltiples de Duncan ($p < 0,05$) para la comparación de medias. Los resultados de este trabajo arrojan que la variedad Kiyohatamochi presenta las mejores características desde el punto de vista de crecimiento para las condiciones de secano favorecido en la región, puesto que presenta un buen comportamiento en cuanto al desarrollo de la superficie foliar, también alcanzó los mejores valores en cuanto a la producción de masa seca, variable que guarda una estrecha relación con el rendimiento final del cultivo, además cuenta con un buen sistema radicular de manera vertical.

Key words: *Oryza sativa*, varieties, leaf surface, growth

Palabras clave: *Oryza sativa*, variedades, superficie foliar, crecimiento

Lázaro A. Maqueira López, Investigador Agregado, Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios" y Dr.C. Walfredo Torres de la Noval, Investigador Titular del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700; Deborah González, Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de Granos (IIG), Cuba; Masaaki Shiraishi, Asesor Técnico, Japan International Cooperation Agency, Tsukuba/Internacional Center Koyadai 3-6, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, Japón.

✉ lalberto@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

La escasez y sobreutilización del agua dulce constituye una creciente amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. En la actualidad, a escala global se observa que la tercera parte de la población del planeta carece de los servicios del agua y en el futuro las dos terceras partes

de la población vivirán en condiciones de insuficiencia de agua moderada o severa. La deficiente gestión de los recursos hídricos y el uso de la tierra ponen en peligro el bienestar y la salud humana, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial y los ecosistemas ligados a los recursos hídricos (1).

Una de las mayores dificultades que desde el punto de vista atmosférico enfrentan los agricultores en el planeta, es la sequía, sobre todo para la producción de arroz, en la que el agua constituye una de las principales limitantes para la productividad de este cereal (2, 3) el cual se encuentra dentro de los que mayor importancia presenta en el mundo, pues la demanda es alta en la mayoría de los continentes del planeta (4).

En la actualidad, tomando en cuenta la variabilidad en las condiciones climáticas en los últimos tiempos, donde la frecuencia de lluvias se ha ido modificando, además de la baja fertilidad de los suelos, unido al elevado costo de los insumos, como fertilizantes químicos y equipos para la mecanización, indican la necesidad de reflexionar sobre la necesidad de contar con variedades de altos rendimientos que respondan a bajos insumos como agua y fertilizantes, sobre todo a la búsqueda de tecnologías y variedades adaptadas a las condiciones de secano favorecido que permitan aumentar los rendimientos agrícolas y explotar la mayor cantidad de áreas posibles (5).

Resulta importante destacar que en países como Japón, se trabaja en aras de lograr la diversificación varietal. Para esto se realizan investigaciones en función de ampliar los conocimientos sobre las características de un amplio grupo de variedades que componen su germoplasma, con el fin de que puedan ser utilizados como progenitores y obtener materiales capaces de adaptarse a las diversas condiciones climáticas existentes. Un ejemplo de ello lo constituyen los estudios llevados a cabo en ese país en función de obtener las características morfoagronómicas de cultivares de diferentes origen, que cuentan además, con amplias potencialidades de adaptarse a condiciones adversas. En este sentido cabe resaltar las variedades Akitakomachi, Toyohatamochi, Nipponbare, Nerica-1; materiales muy relevantes en ese país que son utilizadas en los programas de mejoramiento genético para diferentes condiciones edafoclimáticas, sobre todo por sus características de tolerancia a la sequía (6).

Teniendo en cuenta lo anterior, y partiendo de la posibilidad que existe de utilizar los materiales de tipo japónica en el programa de mejoramiento genético en Cuba; además, que resulta importante enriquecer la base de conocimientos para aumentar la pertinencia de la fisiología del estrés, y la eficiencia de los programas de mejoramiento para el desarrollo de genotipos resistentes a la sequía; es que se lleva a cabo este trabajo. El objetivo es conocer el crecimiento, y sus peculiaridades, en variedades de arroz de tipo japónica, adaptadas o no a las condiciones de secano favorecido, y su relación con el rendimiento; con el fin de tener un patrón de comparación con nuevos estudios que se realicen con estos y otros materiales en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas del Centro Internacional de Tsukuba en Japón en abril del 2007, donde fueron sembradas sin lámina de agua las variedades Akitakomachi (obtenida para condiciones de inundación y una de las de mejor comportamiento en el país) y las Toyahatamochi y Kioyohatamochi (obtenidas para condiciones de secano favorecido). En la Tabla I se presentan algunas de las características de las variedades utilizadas en este estudio.

Se empleó el método de siembra directa a chorrillo con una distancia entre surcos de 0,50 m y una norma de siembra de 25 kg.ha⁻¹ de semillas. Las características del suelo se describen en la Tabla II.

Las labores agrotécnicas se realizaron según lo recomendado para el cultivo de arroz secano en Japón (6), solo se aplicó riego a partir del cambio de primordio hasta el inicio de llenado del grano, etapa donde se mantuvo el suelo a capacidad de campo. En el experimento, nunca existió lámina de agua. El comportamiento del clima en la localidad aparece en la Figura 1 según lo reportado en registros agrometeorológicos realizados en el centro donde se montaron los experimentos. Se aplicó fertilizante de fondo antes de la siembra con dosis de 5: 10: 10 kg.10 ha⁻¹ de N: P: K respectivamente, empleando como portadores el sulfato de amonio; superfosfato simple y cloruro de potasio.

Tabla I. Características de las variedades en estudio

	Akitakomachi	Toyahatamochi	Kioyohatamochi
Año de adopción	1993	1985	1988
Tipo de planta	Número de panícula parcial	Media	Media
Maduración	Temprana	Temprana	Temprana
Longitud del colmo	85	74	78
Longitud de la panícula	17,9	19	18,6
Paniculas por m ²	490	285	303
Peso de 1000 granos (g)	21,9	210	19
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	6,11	3,39	3,08

Tabla II. Características fundamentales del suelo utilizado

N total (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg ⁻¹)	K ₂ O (mg/kg ⁻¹)	Mg (mg/kg ⁻¹)	CaO (mg/kg ⁻¹)
0,17	33,3	443,8	47,7	240,6

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres tratamientos (variedades) y cuatro réplicas. Cada parcela experimental contó con un área de 16 m² (4 x 4 m). En cuanto a la selección y desinfección de la semilla se empleó el método utilizado por otros autores (7).

A partir de los 25 días después de la germinación (ddg), se realizaron siete muestreos, con intervalos variables, donde se determinaron la masa seca de la parte aérea (g) y la superficie foliar (m²), empleando un medidor de área foliar marca Licor-220 en un área de 0.125 m² en cada parcela experimental, hasta la cosecha. En cada muestreo se retiró la parte aérea de las plantas, separando las hojas activas, tallos y panículas, manteniéndolas en estufa durante 72 h a una temperatura de 70°C hasta peso constante. Se determinó la masa seca de la parte aérea de las plantas por la sumatoria de cada órgano individual(8). La dinámica de crecimiento de estas variables se ajustó a una función matemática $y = e^{(b_0 + b_1x + b_2x^2)}$, (9) y posteriormente se calculó la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) de la biomasa de la parte aérea a partir de la primera derivada de la función que describió su dinámica (9).

Teniendo en cuenta la importancia de la raíces para el buen desarrollo del cultivo en etapas decisivas para la formación del rendimiento; se determinó la cantidad de raíces presentes en el suelo cada 10 cm de profundidad, hasta los 30 cm en la fase reproductiva.

Para ello en cada parcela experimental se realizó un corte de suelo con un ancho de 50 cm y una profundidad 30 cm y se contó la cantidad de raíces observadas cada 10 cm (7). Estos datos se procesaron mediante un ANOVA de clasificación doble, utilizándose la prueba de rangos Múltiples de Duncan ($p < 0,05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra la dinámica del índice de área foliar de las plantas y se destaca el rápido y mayor establecimiento de una cobertura foliar en las variedades adaptadas a la condición de bajo suministro de agua. Se nota un incremento de esta variable hasta los 89 y 92 días para las variedades Kiyohatamochi y Toyohatamochi, respectivamente, con magnitudes que oscilaron entre 1,5 a 1,75. Posteriormente, existe una tendencia de ir disminuyendo. La variedad Akitakomachi mostró un crecimiento más lento y reducido, alcanzando el máximo de la variable con un valor de 1,1 a los 106 días.

Muchos autores resaltan la importancia del desarrollo foliar para los cultivos, puesto que del mismo depende la intercepción de la radiación solar, elemento esencial para la actividad fotosintética que es de vital importancia en la producción de biomasa con un considerable aporte al rendimiento (10, 11). En este sentido, hay que destacar que resultan bajos los valores alcanzados por estas variedades. En investigaciones desarrolladas en Cuba se informan valores de IAF desde dos hasta más de cinco y la mayoría de los autores coinciden en que los valores óptimos de esta variable están comprendidos entre cuatro y seis, (12, 13).

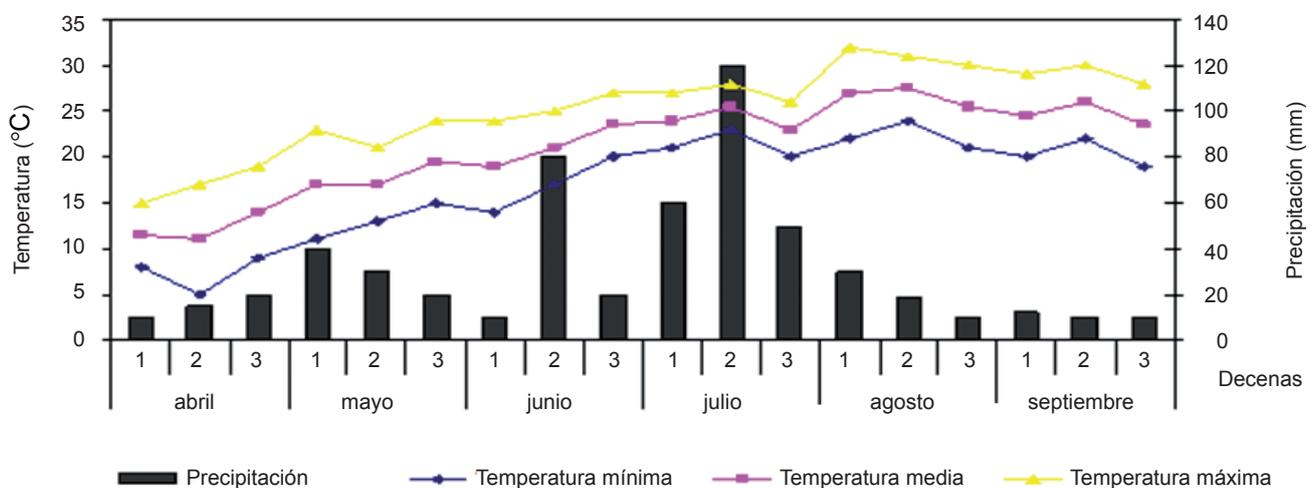


Figura 1. Temperatura (máxima, media y mínima) (A) y precipitaciones (B) en JICA Tsukuba durante el tiempo que duró el experimento en campo

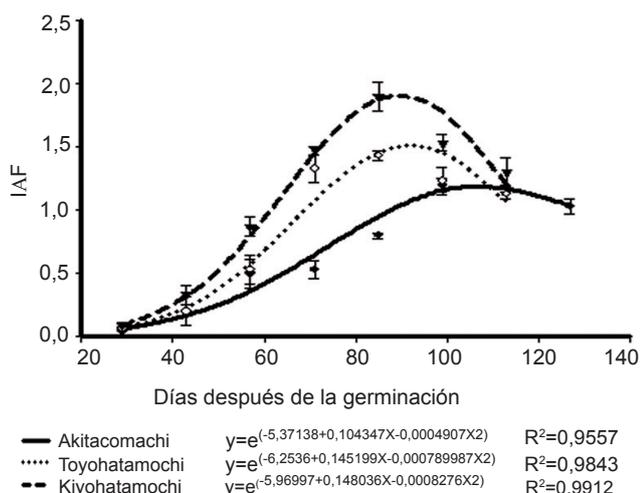


Figura 2. Dinámica del IAF de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), tipo Japónica, con diferente adaptación a las condiciones de bajo suministro de agua, en función de los días después de la germinación

Aunque este comportamiento que de manera general, han presentado estas variedades en el estudio, está dado por las condiciones de secano favorecido a las que fueron sometidas las plantas. En estudios realizados en Cuba donde las variedades han sido sometidas a déficit hídrico se ha detectado un crecimiento menor en el área foliar de las plantas en comparación con el control (plantas cultivadas en condiciones de aniego durante todo su ciclo) (14). Además, algunos autores destacan que la velocidad de elongación de las hojas de arroz disminuye en condiciones de una disponibilidad menor de agua debido a la sequía (15); comportamiento que se ha relacionado a una inhibición en la longitud de las células en las hojas (16).

La Figura 3 muestra la dinámica de crecimiento de la masa seca de la parte aérea de la planta en 1 m². De manera general se observó una acumulación de masa seca sostenida hasta las etapas finales de crecimiento para el caso de las tres variedades, este resultado está dado por el inicio del ahijamiento activo y el crecimiento de varias partes de las plantas, sobre todo, en la etapa de paniculación con el llenado de los granos (17).

En las etapas iniciales de crecimiento se observan valores muy similares, ya a partir de los 60 ddg se nota una diferencia más marcada en cuanto a la producción de materia seca, esto está muy relacionado con las características genéticas de cada variedad y su capacidad de crecimiento a pesar de las condiciones imperantes, sobre todo en el ahijamiento. Resultados similares se señalan en un estudio de crecimiento de variedades realizado en Venezuela donde se destacan las potencialidades de las variedades estudiadas y su capacidad de poder lograr un

desarrollo considerable en cuanto al número de hijos ante condiciones estresantes (18). En este trabajo se destacó la variedad Kiyohatamochi como la de mejor comportamiento seguida por la Toyohatamochi, y la Akitacomochi.

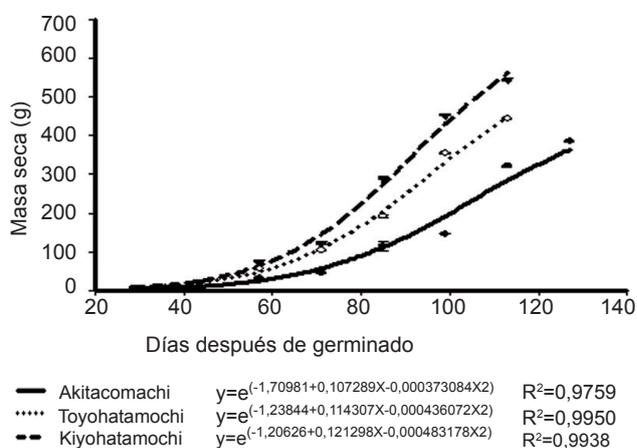


Figura 3. Dinámica de la masa seca de la parte aérea de las plantas, en tres variedades de arroz de tipo japónica en función de los días después de la siembra

La tasa absoluta de crecimiento de la masa seca de la parte aérea se muestra en la Figura 4. Se encontró un crecimiento de esta variable desde las primeras etapas de crecimiento hasta la etapa de floración (80 y 84 días después de germinado (ddg) para las variedades Kiyohatamochi y Toyohatamochi respectivamente, lo anterior demostró que no existieron grandes diferencias en el tiempo en la acumulación de materia seca.

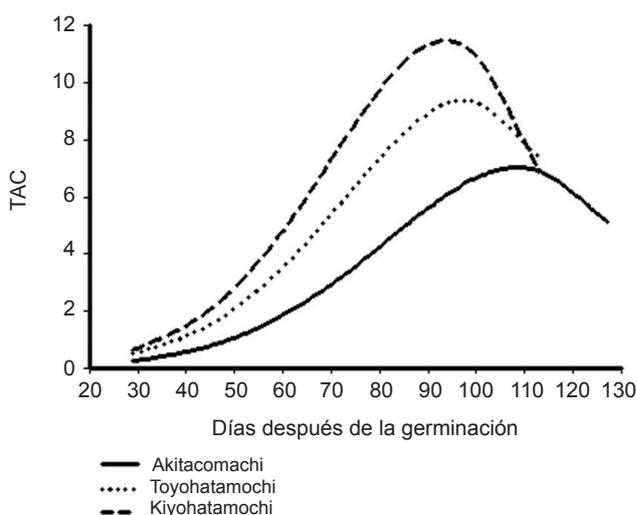


Figura 4. Tasa absoluta de crecimiento de la acumulación de masa seca en la parte aérea de la planta (g.m⁻².día⁻¹) de tres variedades de arroz tipo japónica en función de los días después de la siembra

Un comportamiento similar se encontró al evaluar este índice en variedades de arroz sometidas a condiciones estresantes (17). Resulta importante destacar que en la variedad Akitakomachi se observan valores inferiores a los de las variedades anteriores y con una mayor duración en lograr el valor máximo (113 ddd). Esto puede estar dado por el alargamiento de las fases fenológicas que presentó esta variedad sobre todo en la fase vegetativa, la cual presenta una mayor duración de ciclo con las otras variedades.

En este sentido existen autores que destacan que un incremento producido en la duración del ciclo desde el inicio del crecimiento hasta el 50 % de paniculación es lo que más incide en la reducción del crecimiento, sobre todo en la producción de masa seca y por ende en el rendimiento (19).

En cuanto a la velocidad de crecimiento en las etapas iniciales del cultivo (Figura 4), a partir de los 40 ddd se observó diferencias para cada variedad hasta que se alcanzó la máxima velocidad de crecimiento, con valores de 7,02; 9,37 y 11,46 para las variedades Akitakomachi, Toyohatamochi, Kiyohatamochi, respectivamente. Resulta importante precisar como las variedades tolerantes a la sequía lograron alcanzar la máxima velocidad de crecimiento antes que la variedad que no presentaba tolerancia a la sequía a pesar de que se reportan ciclos similares.

La Figura 5 muestra la cantidad de raíces por variedades a las profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm; donde se puede apreciar que en la profundidad de 0-10 cm, la variedad Akitakomachi presentó la mayor cantidad de raíces con diferencias altamente significativas a la Toyohatamochi y Kiyohatamochi.

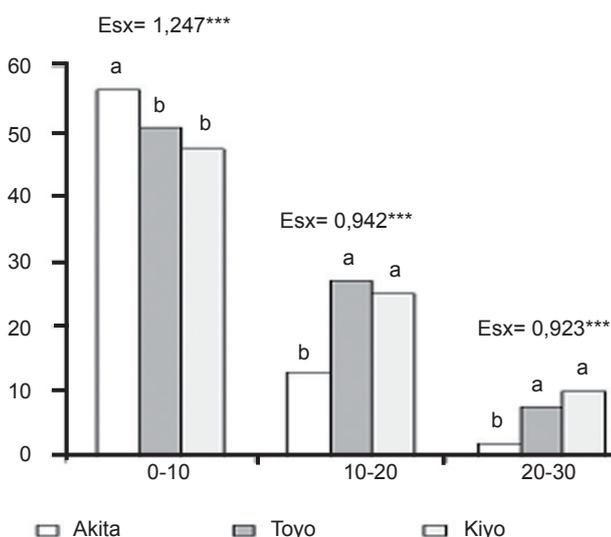


Figura 5. Cantidad de raíces de tres variedades de arroz en la fase reproductiva, a diferentes profundidades del suelo

Este aspecto puede estar relacionado con las características específicas de la variedad obtenida para condiciones de aniego, ya que estos cultivares se caracterizan por crear una masa de raíces compacta que tienen la tendencia de un desarrollo en sentido horizontal más que vertical (6). Un comportamiento diferente se observó en la profundidad de 10-20 cm, donde las variedades Toyohatamochi y Kiyohatamochi presentaron valores muy similares sin diferencias significativas entre ellos; sin embargo, estos valores fueron muy superiores a los alcanzados por la variedad Akitakomachi con diferencias estadísticamente significativas.

En la profundidad de 20 a 30 cm, se observa un comportamiento similar a la profundidad anterior, destacando que la variedad Akitakomachi presenta muy bajos valores con diferencias significativas con la Kiyohatamochi y Toyohatamochi. Se debe destacar la variedad Kiyohatamochi con tendencia a un mayor desarrollo radicular en mayor profundidad del suelo, aunque no difiere estadísticamente de la variedad Toyohatamochi. Esta característica resulta un aspecto importante para las condiciones de secano favorecido en una variedad, ya que esto permite a la planta un restablecimiento funcional producto del aumento de la superficie de absorción de agua y nutrientes en tales condiciones imperantes (20). Aunque existen autores que destacan que un sistema radicular profundo, con alta densidad y de mayor longitud es útil en la extracción de agua de fondo en condiciones de secano, pero no parece ofrecer mucho margen para mejorar la resistencia a la sequía en el arroz de secano, donde el desarrollo de una capa dura puede impedir la penetración de raíces profundas (21).

Hay que destacar también que el desarrollo y la función del sistema radicular del arroz y su relación con la resistencia a la sequía fueron revisados por varios autores y en sus principales conclusiones resaltan que hay una gran variación entre las líneas de arroz en la densidad de longitud de la raíz por debajo de 30 cm. En general, las líneas de alta longitud de la raíz por debajo de 30 cm se consideran plantas con sistemas de raíces más profundas (22).

En cuanto al comportamiento de los componentes del rendimiento de estos cultivares (Tabla III) podemos plantear la diferencia de las panículas por m² entre las variedades tolerantes a la sequía con respecto a la no tolerante. En los granos llenos por panículas se observó diferencias significativas entre las variedades, la variedad Kiyohatamochi resultó la de mejor comportamiento a pesar de ser la de menos peso del grano.

También el rendimiento alcanzado por las variedades resultó diferente, la variedad Kiyohatamochi fue la de mejor comportamiento con un rendimiento de 3.1 t.ha⁻¹, seguida por la Toyohatamochi con 2.34 t.ha⁻¹; hay que destacar que existen diferencias significativas entre ellas.

Tabla III. Comportamiento del rendimiento agrícola y sus principales componentes de tres variedades de arroz en condiciones de déficit hídrico (t.ha⁻¹)

Variedades	Panículas.m ⁻²	Granos panícula	Peso de un grano	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
Akitakomachi	133 b	46,0 c	0,030 a	2,03 c
Toyohatamochi	176 a	55,0 b	0,027 a	2,34 b
Kiyohatamochi	182 a	69,0 a	0,024 b	3,10 a
ESx	4,2**	1,67 **	0,0019 **	0,09 **

Medias de los tratamientos difieren a p≤0,05

Un comportamiento muy similar se encontró en el IAF (Figura 2) en este trabajo lo que demuestra la relación que guarda esta variable con el rendimiento. Resultados muy similares se han encontrado en otros trabajos realizados en Cuba al estudiar variedades en condiciones de aniego en los que se ha demostrado esta relación (13, 23).

En tal sentido, según informes en Cuba (19), donde se estudiaron variedades de arroz en condiciones de secano, los mejores rendimientos alcanzados se encontraron entre 3,4 y 3,1 t.ha⁻¹ mientras, que los valores más bajos oscilaron entre 1,4 y 2,1 t.ha⁻¹. Hay que destacar, que las variedades de mayores rendimientos se corresponden con las de menor ciclo; comportamiento similar al encontrado en este trabajo, donde la variedad Akitakomachi que presentó un ciclo más largo que las otras dos, logró los rendimientos más bajos con diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados de este trabajo arrojan que la variedad Kiyohatamochi presenta las mejores características desde el punto de vista de crecimiento para las condiciones de secano favorecido en la región, pues presenta un buen comportamiento en cuanto al desarrollo de la superficie foliar, elemento importante por ser el aparato fotosintetizador en las plantas. También presenta los mejores resultados en cuanto a la producción de masa seca, variable que guarda una estrecha relación con el rendimiento final del cultivo y además cuenta con un buen sistema radicular de manera vertical. Es la variedad que tiene la mayor cantidad de granos llenos por panículas unidas a una adecuada cantidad de panículas por metro cuadrado. Se recomienda continuar estudios con estos cultivares para una mejor caracterización del crecimiento en condiciones de secano favorecido en las condiciones de Cuba y así poder comparar con estos resultados con el fin de impulsar el mejoramiento genético en el país para las condiciones de secano favorecido.

REFERENCIAS

- Albiac, J. Los instrumentos económicos en la gestión del agua en la agricultura. Unión Europea-Fondo Europeo de Orientación de Garantía Agrícola. Madrid, Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.
- Chaves, M. Water stress in the regulation of photosynthesis in the field. *Annals of Botany*, 2002, vol. 89, p. 907-916.
- Obe, E. S. y Luterbacher, M. C. Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. *Annals of Botany*, 2002, vol. 89, p. 917-924.
- FAO. Conferencia Regional para América Latina y el Caribe. Ciudad de Guatemala. Depósito de documento de la FAO. Oficina regional para el cercano Oriente. 2004.
- FAO. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de Arroz. Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Depósito del documento de la FAO, Departamento de la Agricultura, 2003.
- JICA, Curso de Capacitación Especial para Cuba sobre la temática de cultivo de arroz en pequeña escala. Centro Internacional de Tsukuba, 2006, 90 p.
- JICA. Diagnosis of growth and yield of rice. Rice section Tsukuba international agricultural training center. *Tsukuba Internacional Center*. 3ra ed, 2005, p. 20-23.
- Awal, M. A.; Haque, M. E. y Elmam, M. F. Deterministic models for growth analysis and forecasting fo rice production in Bangladesh. *Bangladesh J. Agric.*, 2007, vol. 32, no. 4, p. 603-606.
- Torres, W. Análisis del crecimiento de las plantas. San José de las Lajas. Noviembre, 1984, 38 p.
- Soto, F. y Hernández, N. Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. ISIAF Dorado). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 2, p. 50-55.
- Hernández, C. y Soto, C. Influencia de la fecha de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 1, p. 28-34.
- Maqueira, L.; Torres, W.; Díaz, G. y Torres, K. Efectos del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocerero (SICA) sobre algunas variables de crecimiento y el rendimiento en una variedad de ciclo corto. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 2, p. 59-61.
- Maqueira, L. A.; Torres, W. y Miranda, A. Crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz de ciclo corto en época poco lluviosa. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, p. 28-31.
- 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, p. 47-54.
- Alfonso, R.; Ramírez, Esther; Rodríguez, S.; Franco, Isora y Moses, Ana. Determinación de indicadores del estrés hídrico para la selección de variedades en el cultivo del arroz. *Revista Cubana del Arroz*, 2002, vol. 4, no. 1, p. 46-57.

16. Sarvestani, Z. T.; Pirdashti, H.; Sanavy, Sam y Balouchi, H. Study of water stress effect in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pak. L. Biol. Sci.*, 2008, vol. 11, no. 10, p. 1303-1309.
17. Nargis, Jahan y Golam Adam, AMM. Comparative Growth Analysis of two varieties of rice following Naphthalene Acetic Acid Application. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 2011, vol. 35, no. 1, p. 113-120.
18. Raúl, P. Crecimiento y nutrición del arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. *Informaciones Agroquímicas*. INPOFOS, 2003, no. 10, p. 1-4.
19. Alfonso, R. Mejoramiento para resistencia a la sequía en el cultivo del arroz. 1er Curso de mejoramiento genético en arroz. Sancti Spiritus (30 de octubre al 10 de noviembre), 2006. 25 p.
20. JICA. Aspectos morfológicos y fisiológicos de los caracteres fundamentales de la planta de arroz. Centro Internacional de Tsukuba, 2da. Edición, 2006, p. 36-37.
21. Fukai, S. y Cooper, M. Development of drought-resistant cultivars using physio-morphological traits in rice. *Field Crops Research*, 1995, vol. 40, no. 2, p. 67-86.
22. Yoshida, S. y Hasegawa, S. The rice root system: its development and function. In: *Drought Resistance in Rice*. Los Banos, Laguna, Philippines: JRRJ. 1982, p. 97-114.
23. Elanomezian, R. y Mandal, Asit B. Growth analysis of somaclones generated from a salt tolerant traditional 'Pokkali' rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2007, vol. 77, no. 3, p. 99-110.

Recibido: 29 de junio de 2011

Aceptado: 15 de marzo de 2013

¿Cómo citar?

Maqueira, Lázaro A.; González, Deborah; Torres de la Noval, Walfredo y Shiraishi, Masaaki. Evaluación del comportamiento de variables del crecimiento en variedades de arroz de tipo Japónica bajo condiciones de secano favorecido. *Cultivos Tropicales*, 2014, vol. 35, no. 1, p. 43-49.