

Emisión de tallos primarios de plantas de arroz en condiciones de déficit de agua en el suelo

Aymara García^{1*}, Masaaki Shiraishi², Masaki Hara², Madduma Dhanapala² y Eugenio Montilla³

¹Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Apdo. 6090. La Habana, Cuba. ²Centro Internacional de Tsukuba. Ibaraki, Japón

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto del déficit de agua en el suelo sobre la emisión de tallos primarios y el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L. cultivar 'Miyamanishi'). Dos tratamientos independientes de déficit hídrico fueron aplicados a los 33 y 40 d después de la siembra durante 14 d en plantas cultivadas en condiciones de macetas. Se utilizó además un tratamiento control donde las plantas se mantuvieron en aniego durante todo el ciclo del cultivo. Se encontró que el déficit hídrico disminuyó la humedad en el suelo y el contenido relativo de agua, y en consecuencia redujo la masa seca, el área foliar de las plantas y el número de tallos. Por otra parte, provocó atraso e inhibición en la emisión de tallos primarios; mientras que no afectó el número de hojas en el tallo principal (edad foliar) y los valores SPAD (Soil Plant Analysis Development) en las hojas. La condición de déficit de agua disminuyó el número de granos llenos totales, la masa seca de los tallos y el rendimiento, mientras que éste último mantuvo una correlación más estrecha con el número total de granos llenos, el número de granos llenos por panícula y la masa seca de los tallos. La poca disponibilidad de asimilados asociados con la masa seca de los tallos podría ser la principal causa de un menor número de granos y en consecuencia del rendimiento en estas condiciones.

Palabras clave: ahijamiento, crecimiento, *oryza sativa*, sequía

Primary tillers emission from rice plants under soil water deficit conditions

ABSTRACT

The effect of water stress at early growth stages on the emergence and the contribution of primary tiller to grain yield in rice (*Oryza sativa* L. cultivar 'Miyamanishiki') was studied. Two independent water stress treatments of 14 d duration were applied to 33 and 40 d old plants grown in Wagner pots while maintaining flooded conditions as the control treatment. The water stress was reflected in the relative water content and volumetric water content of the soil in comparison to the control treatment. Water stress reduced the dry matter content and the leaf area of the plants and hindered emergence of primary tiller, but did not affect the leaf number on main culm (leaf age) or SPAD (Soil Plant Analysis Development) values of leaves. Water stress caused a significant decline in the filled grain number, stems dry matter content and yield. Grain yield has correlated more closely with total filled grain number, number of filled grains per panicle and stem dry matter content in water stress treatments. Lower availability of assimilate associated with the stem dry matter appears the main cause of reduction of both filled grain number and yield under water stress.

Key words: Drought, growth, *oryza sativa*, tillering

*Autor de correspondencia: Aymara García

E-mail: aymara@iagric.cu

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cultivos de mayor demanda de agua y expresa su máximo potencial de rendimiento en condiciones de aniego. Sin embargo, se ha señalado que este cereal crece en diferentes condiciones ecológicas y regímenes de agua, las cuales pudieran afectar sustancialmente el rendimiento (IIArroz, 2005; Siopongco *et al.*, 2006). En Cuba, la inestabilidad en el suministro de agua de riego ha provocado poca disponibilidad de este recurso y ésta constituye una de las causas que ha incidido en los bajos rendimientos de este cultivo (Polón, 2007).

Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos morfológicos y fisiológicos que han permitido conocer con mayor profundidad la respuesta de diferentes indicadores asociados con la tolerancia al déficit hídrico. En este sentido, la acumulación de biomasa y su vinculación al rendimiento ha sido estudiada por diferentes autores en condiciones de aniego (Kato *et al.*, 2007; Sarvestani *et al.*, 2008). Sin embargo las condiciones climáticas pudieran afectar tales factores (Laza *et al.*, 2004).

El ahijamiento es una característica importante durante la fase vegetativa ya que tiene un efecto significativo en el número de panículas e influye en el rendimiento (Jaffuel y Dauzat, 2005). La capacidad de ahijamiento, así como la morfología y la dinámica de desarrollo de cada tallo, difiere entre los cultivares de arroz (Alfonso, 2006) y se ha demostrado que el número de tallos varía de acuerdo a las condiciones en las cuales se desarrollan las plantas, como el déficit hídrico (Sarvestani *et al.*, 2008).

En estudios previos, se ha demostrado que el déficit hídrico aplicado en la fase de ahijamiento disminuye el número de tallos y en consecuencia afecta tanto el número de panículas como el rendimiento de los granos (Polón, 2007). Sin embargo, los estudios de la influencia del manejo del agua sobre la dinámica de la emisión de los tallos en arroz han sido limitados. El proceso de emisión así como la contribución individual de cada tallo al rendimiento no han sido bien documentados en condiciones de déficit hídrico.

La identificación de la posible relación fuente-sumidero pudiera constituir un aspecto importante para conocer las principales causas de la reducción del número de tallos ante la suspensión del riego, ya que en muchas ocasiones el aumento del rendimiento resulta de un incremento en el tamaño del sumidero. No obstante,

no se cuenta con suficiente información por lo que se necesita profundizar al respecto.

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del déficit hídrico inducido durante la fase de ahijamiento sobre el crecimiento de las plantas, la emisión de tallos primarios y su contribución al rendimiento del arroz, así como conocer la influencia de la relación-fuente sumidero en la formación y producción de granos en estas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de cultivo y material vegetal

El experimento se realizó en áreas del invernadero del Centro Internacional de Tsukuba, perteneciente a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, en la Prefectura de Ibaraki, Japón. Semillas germinadas de arroz (*Oryza sativa* L. cultivar 'Miyamanishiki') fueron sembradas el 27-04-2005 de forma directa en 112 macetas Wagner (27cm de diámetro, 30 cm de altura y 15 kg de capacidad) que contenían suelo franco arcilloso (Typic fluvaquet entisols). Se colocaron tres semillas por maceta, y a los 15 d después de la siembra (DDS), solo una sola planta permaneció en cada una. Las plantas remanentes se seleccionaron por su uniformidad. Los fertilizantes se mezclaron con el suelo antes de la siembra a dosis de 80 kg/ha de N (urea) y 100 kg/ha de K (KCl) y P (P_2O_5). El control de las malezas se realizó manualmente.

Tratamientos experimentales

El riego para la germinación y el crecimiento inicial de las plantas se realizó según lo descrito por IIArroz (2005). El aniego se estableció a los 15 DDS con un volumen inicial de agua de 14 L por maceta. Posteriormente, el riego se efectuó para mantener una lámina de agua de 50 mm por encima de la superficie del suelo. En la fase de ahijamiento, se aplicaron tres tratamientos de manejo de agua. El primero consistió en mantener 56 plantas en condiciones de aniego con una lámina de agua de 50 mm (Control) hasta 15 d antes de la cosecha. El segundo fue la suspensión del riego por 14 d en 28 plantas desde 33 hasta 47 DDS (DH1) y en el tercero en otras 28 plantas se suspendió el riego desde 40 hasta 54 DDS (DH2) según lo sugerido por Alfonso (2006). La condición de déficit hídrico se consideró cuando las plantas mostraron las hojas totalmente enrolladas y cuando se redujo el agua

disponible por debajo de 85% del límite superior de agua disponible (LSAD) según Alfonso (2006).

Posteriormente en ambos tratamientos de déficit hídrico, se aplicó el riego de la misma forma que en el control hasta los 15 d antes de la cosecha, momento en que se detuvo completamente el suministro de agua. Las macetas fueron distribuidas de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado.

Evaluación de variables del crecimiento

A partir de los 24 hasta 89 DDS se seleccionaron al azar 12 plantas por tratamiento. Se evaluó la dinámica del número de hojas. Se contó la cantidad de hojas en el tallo principal (TP) para determinar la edad foliar. Desde los 32 hasta 68 DDS se registró la dinámica de emisión de los tallos hijos primarios, marcando el momento en que se originó cada tallo. Las mediciones del número de hojas y los tallos hijos primarios se realizaron cada dos días. Por otra parte, desde los 32 hasta 113 DDS se determinaron los valores SPAD (Soil Plant Analysis Development, SPAD 502, Minolta Co., EUA) para relacionar el nivel de verdor de la hoja con el contenido de clorofila. Las evaluaciones se efectuaron una vez por semana a una misma hora en la hoja más joven completamente desarrollada sobre el TP en todas las plantas a partir del momento en que se suspendió el suministro de agua.

A los 14 d después del déficit (DDD), se seleccionaron ocho plantas al azar por tratamiento. Se evaluó la altura de las plantas (cm), el número de hojas, el número de tallos primarios, el área foliar (cm²) y la masa seca (g) de las hojas y los tallos, por planta. La altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga proyectando la misma en la dirección del tallo (IRRI, 2002). Para la determinación del área foliar de las plantas se empleó un equipo medidor de área (AAM-8, Hayashi Denko Co., Ltd). El secado de las muestras se efectuó en una estufa a 80°C durante 72 h. Las mediciones se hicieron una vez.

Determinación del contenido relativo de agua y la humedad volumétrica del suelo

El contenido relativo de agua en las hojas (CRA) se evaluó en ocho plantas por tratamiento a los 14 DDD. Se utilizó el método propuesto por Barrs y Weatherly (1962). Las muestras de hojas una vez cortadas fueron pesadas e incubadas en agua destilada a 8°C hasta alcanzar masa constante para obtener la masa turgente.

Luego las muestras se colocaron en estufa a 80°C durante 48 h para determinar la masa seca. El CRA (%) se calculó mediante la fórmula: $CRA = \frac{\text{masa fresca} - \text{masa seca}}{\text{masa turgente} - \text{masa seca}} \times 100$.

La humedad en el suelo a los 5 y 15 cm de profundidad se monitoreó a los 1, 4, 7, 10 y 13 DDD, utilizando el método gravimétrico propuesto por Tarjuelo (2005). La humedad volumétrica se determinó considerando la humedad gravimétrica y los valores de la densidad aparente (g/cm³) del suelo, calculada con la fórmula: masa de suelo seco/volumen.

Rendimiento y sus componentes

En la cosecha se evaluó el rendimiento ajustado al 14% de humedad del grano y los componentes de este parámetro: número de panículas por tallo, número de granos llenos por panícula y por planta, porcentaje de granos llenos del total de una planta (maduración) y la masa (g) de mil granos. También se determinó la masa seca de los tallos de acuerdo a lo explicado anteriormente. Se evaluaron 12 plantas por tratamiento.

Análisis de los datos

Las macetas fueron distribuidas según un diseño experimental completamente aleatorizado. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus (Statgraphics, 2000). En el caso de la evaluación de las variables del crecimiento a los 14 DDD, para cada tratamiento DH1 y DH2, se comparó con plantas del control. Las diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey HSD al 95%. La relación entre el rendimiento, sus componentes y la masa seca de los tallos se determinó mediante análisis de correlación y se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson con el paquete estadístico Systat (Systat, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suspensión del riego en la fase de ahijamiento no afectó el número de hojas en el TP (Figura 1A). En cada tratamiento durante la fase de emisión de los tallos primarios, las plantas tuvieron entre 6 y 12 hojas. A los 83 DDS, las plantas alcanzaron 14 hojas y a los 89 DDS se produjo la emisión de la hoja bandera. La emisión del primer tallo hijo primario desde el TP ocurrió a los 32 y finalizó a los 68 DDS (Figura 1B), con variaciones significativas entre los tratamientos. El

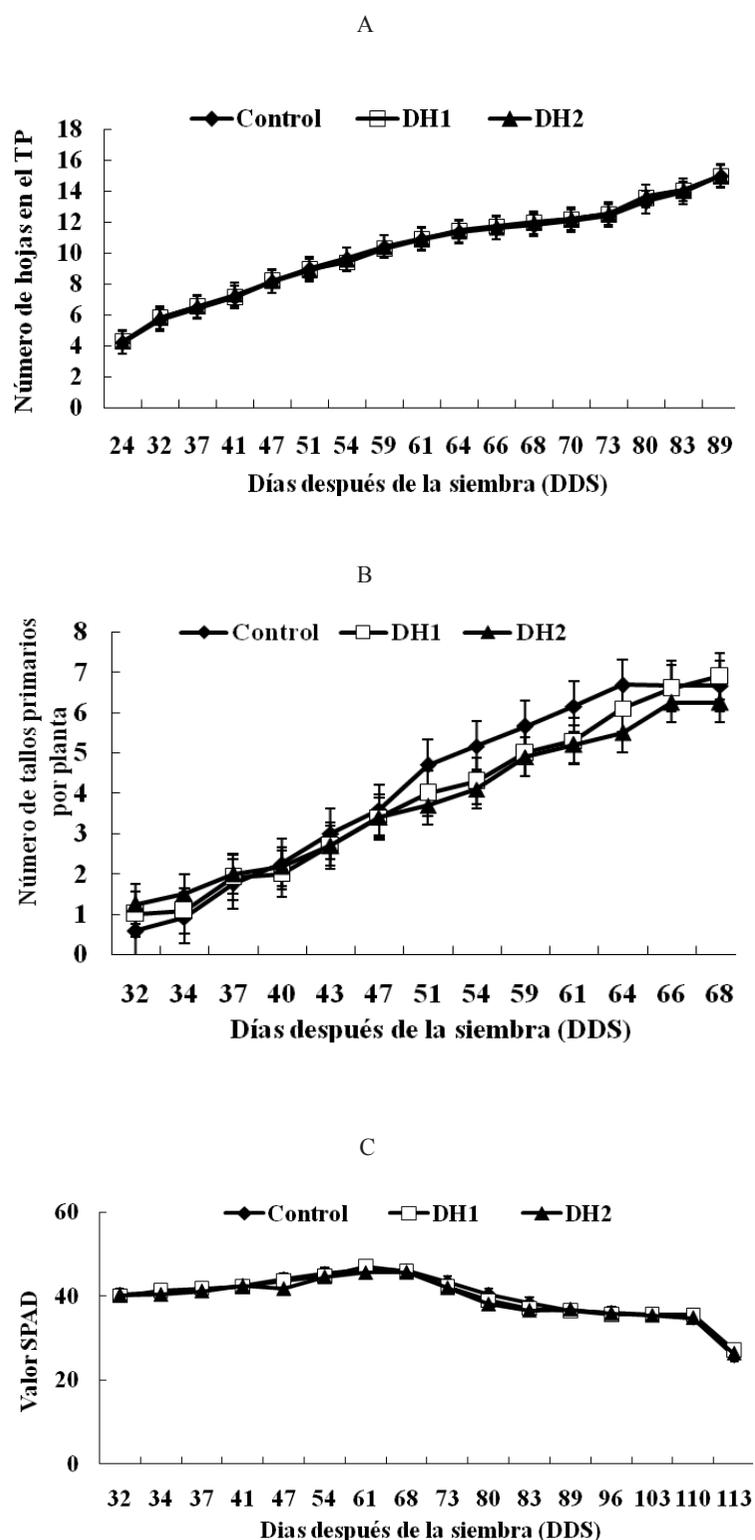


Figura 1. Dinámica del número de hojas en el tallo principal (A), emisión de tallos primarios (B) y valor SPAD, Soil Plant Analysis Development (C) en plantas del cultivar 'Miyamanishiki' en los tratamientos estudiados. Control: Plantas anegadas durante todo el ciclo, déficit hídrico (DH 1 y DH 2): Plantas expuestas a la suspensión del riego, desde 33 a 47 DDS y desde 40 a 54 DDS, respectivamente durante 14 d.

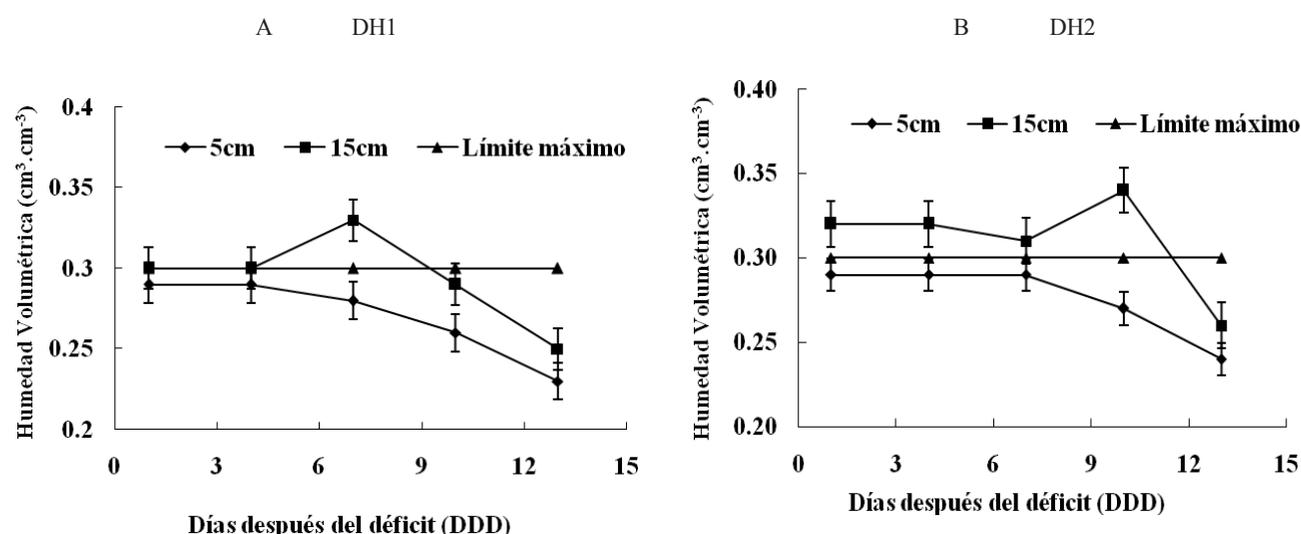


Figura 2. Dinámica de la humedad volumétrica en muestras de suelo respecto al límite superior de agua disponible (LSAD) durante la suspensión del riego, desde 33 a 47 días después de la siembra (DDS) y desde 40 a 54 DDS en los tratamientos con déficit hídrico (DH 1 y DH2), respectivamente.

número de tallos primarios no disminuyó con el tiempo, pero fue menor en los tratamientos con déficit hídrico que en el control.

En el tratamiento DH1 se obtuvo como valor promedio cuatro tallos primarios; mientras que en el DH2 se encontraron cinco tallos. Estas diferencias se atribuyen a que el déficit hídrico fue aplicado en el DH1 a los 33 DDS coincidiendo con el inicio del proceso de emisión de tallos que ocurrió a los 32 DDS. En el DH2, el déficit hídrico se provocó a los 40 DDS, es decir, una semana después haber comenzado el periodo de emisión de tallos. Lo anterior demuestra la importancia de mantener adecuada humedad en el suelo que garantice la continuidad del ahijamiento.

En arroz, la dinámica de la emisión de las hojas y los tallos son elementos asociados con el ahijamiento. De acuerdo con Jaffuel y Dauzat (2005) en tallos de arroz que se desarrollan después del quinto hijo o tallo primario, existe la tendencia de emitir hojas de pequeña longitud. En estas hojas se observan pocas yemas axilares debido a una menor actividad fotosintética que afecta la producción de masa seca y por consiguiente el crecimiento (Kato *et al.*, 2006). Este criterio de alguna manera, explicaría la menor emisión de tallos en las plantas de los tratamientos DH1 y 2 (Figura 1B).

Los valores SPAD no variaron significativamente por el déficit hídrico (Figura 1C, Cuadro 1), lo que

indica que probablemente no fue ésta la causa de la inhibición en la emisión de tallos primarios.

Desde los 7 hasta los 14 DDD en el DH1 y desde los 9 hasta los 14 DDD en el DH2, la humedad volumétrica descendió de 0,34 a 0,25 cm³/cm³ y de 0,34 a 0,26 cm³/cm³ en cada tratamiento de déficit, respectivamente (Figura 2). Es de destacar que a 15 cm de profundidad, el suelo se mantuvo sobresaturado por encima del LSAD, debido a una inicial acumulación y distribución del agua proveniente desde los primeros 5 cm de profundidad. En ambos tratamientos de déficit hídrico, la reducción de la humedad en el suelo correspondió al 80% del LSAD. Este valor continúa siendo inferior al límite productivo para el arroz que es de 84% (Alfonso, 2006) y que se reflejó en el CRA de las hojas, el cual disminuyó en 11 y 10% en los dos tratamientos de déficit, respectivamente (Cuadro 1). No obstante, el nivel de déficit hídrico fue considerado como moderado.

A los 47 en DH1 y 54 DDS en DH2 que se corresponde con los 14 DDD (Cuadro 1), se observó que la altura, el número de hojas y los valores SPAD no mostraron variaciones en condiciones de déficit hídrico. La disminución del área foliar y la masa seca de los tallos en las plantas expuestas a déficit hídrico se ha asociado a la inhibición en el alargamiento celular, proceso más sensible a la reducción de la turgencia en las hojas (Siopongco *et al.*, 2006; Kato *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Comportamiento de variables de crecimiento a los 14 días después del déficit en plantas de arroz (cultivar 'Miyamanishiki').

Tratamiento ¹	Altura	Número hojas	Valor SPAD ²	Número tallos primarios	Área foliar/planta	Masa seca de hojas	Masa seca de tallos	CRA ³
	cm				cm ²	----- mg -----		%
Control	51,6	8	44,2	5a‡	106a	584	603a	88,1 ^a
DH 1	49,5	8	43,7	4b	92b	534	521b	78,4b
EE ⁴	0,95	0,08	0,28	0,08***	1,49***	11,8	17,4*	0,63***
Control	61,9	10	45,4	6a	225a	1556 ^a	1869a	88,7 ^a
DH 2	63,8	10	44,6	5b	184b	1239b	1279b	80,2b
EE	0,66	0,08	0,29	0,18***	3,21***	42,9***	58,9***	0,75***

¹ Control: Plantas anegadas durante todo el ciclo. DH1 y DH2: Plantas expuestas a déficit hídrico en la fase de ahijamiento, desde 33 a 47 días después de la siembra (DDS) y desde 40 a 54 DDS, respectivamente.

² SPAD: Soil Plant Analysis Development

³ CRA: Contenido relativo de agua en hojas

⁴ EE: error estándar de la media (**P<0,001; *P<0,05)

^{ab} Medias con letras distintas difieren significativamente

*** P>0,001 entre el tratamiento de déficit hídrico y su control correspondiente según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD.

Aún cuando las variaciones en CRA y en el contenido de humedad en el suelo fueron similares entre los tratamientos de déficit hídrico, la mayor disminución del área foliar y la masa seca ocurrió para el tratamiento DH2 (Cuadro 1). Una posible explicación se relacionó a que las evaluaciones realizadas al finalizar la aplicación del déficit hídrico fueron en diferentes edades y momentos del desarrollo de las plantas. Como se observa, éstas plantas presentaban mayores valores de superficie foliar y acumulación de masa seca.

La suspensión del riego desde 33 hasta 47 DDS y desde 40 hasta 54 DDS en la fase de ahijamiento provocó la disminución significativa del rendimiento, el número de granos llenos totales por planta y la masa seca de los tallos (Cuadro 3). Los tratamientos DH1 y DH2 no difirieron significativamente entre sí. En las plantas expuestas a déficit hídrico en la fase de ahijamiento, la disminución del rendimiento se asoció primeramente a una reducción en el número de tallos y la masa seca (Cuadro 1), que en consecuencia provocó un menor número de granos llenos totales (Cuadro 3) que de acuerdo a lo señalado por Alfonso (2006), Castillo *et al.* (2007) y Sarvestani *et al.* (2008) incide en el rendimiento en grano.

La masa de mil granos no se afectó en las plantas expuestas a la suspensión del riego (Cuadro 2)

y en estas condiciones su relación con el rendimiento no fue significativa (Cuadro 3). En otros estudios se ha demostrado que esta variable presenta un comportamiento estable cuando el déficit hídrico se induce en la fase vegetativa. Se ha encontrado que las mayores variaciones de la masa de mil granos ocurren cuando el déficit es inducido en la fase de maduración que es la fase que lo determina (Alfonso, 2006; Sarvestani *et al.*, 2008).

En este experimento, aunque la maduración de los granos analizada a nivel de planta fue similar entre los tratamientos (Cuadro 2), es de destacar que este componente presentó un coeficiente de correlación significativo con el rendimiento en condiciones de déficit hídrico (Cuadro 3). Por lo anterior, la maduración se vinculó con el número de granos llenos y este resultado indica que no puede descartarse el comportamiento de la maduración observado en este trabajo, ya que se ha encontrado en otros estudios que puede depender de la disponibilidad de agua en el suelo (Alfonso, 2006).

Por otra parte, el área foliar es una variable fisiológica que tiene una alta relación con el rendimiento (Siopongco *et al.*, 2006; Polón, 2007). La reducción en el área foliar en condiciones de déficit hídrico (Cuadro 1) puede traer consigo una captación menor de la radiación solar que provoca disminución de la fotosíntesis y producción de masa seca, lo cual también

Cuadro 2. Rendimiento y sus componentes en arroz cultivar 'Miyamanishiki'.

Tratamiento ¹	Rendimiento	Número panículas	Número granos llenos/panícula	Número granos llenos totales	Maduración	Masa mil granos	Masa seca tallos
	g/planta				%	----- g -----	
Control	45,4a	17	81	1613a	83,6	28,2	30,9a
DH1	38,9b	15	74	1400b	78,7	27,8	26,3b
DH2	39,5b	16	72	1406b	75,1	28,1	22,6b
EE ²	1,38***	0,63	2,75	46,7***	3,63	1,16	1,01***

¹ Control: Plantas anegadas durante todo el ciclo. DH1 y DH2: Plantas expuestas a déficit hídrico en la fase de ahijamiento, desde 33 a 47 días después de la siembra (DDS) y desde 40 a 54 DDS, respectivamente.

² EE: error estándar de la media

ab Medias con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD.

***P<0,001.

podría explicar menores valores de masa seca de los tallos y en consecuencia reducción del rendimiento en las plantas expuestas a déficit hídrico.

A partir de los coeficientes de correlación calculados entre el rendimiento y sus componentes (Cuadro 3), se podría hacer un análisis del comportamiento del rendimiento teniendo en cuenta la relación fuente-sumidero. En este caso, se identificó al número de granos llenos totales por panícula y por planta como órgano sumidero, ya que se consideran receptores de asimilados producidos en la planta, mientras que la masa seca de los tallos se considera como órgano fuente, asociado con la cantidad de asimilados producidos por la planta.

Diferentes autores han encontrado en el cultivo del arroz que los asimilados se acumulan temporalmente en vainas y tallos de las plantas durante

las fases vegetativa y reproductiva. Luego después de los 10 d posteriores al inicio de la antesis, éstos asimilados se movilizan hacia los granos durante la fase de maduración (Okawa *et al.*, 2003; He *et al.*, 2005). Es decir que se produce exportación de asimilados desde la fuente hacia el sumidero para contribuir al llenado de los granos.

Ambos caracteres, número de granos llenos y masa seca de los tallos (Cuadro 3), mostraron una relación más estrecha al rendimiento frente al déficit hídrico, lo cual había sido informado para condiciones de aniego por Takai *et al.* (2005). Además estas variables pudieran limitar el rendimiento de este cereal en estas condiciones, por lo que el rendimiento de las plantas sometidas a déficit hídrico dependió de la disponibilidad de asimilados acumulados en los tallos para el llenado de los granos.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre el rendimiento, sus componentes y la masa seca de los tallos de arroz cultivar 'Miyamanishiki'

Tratamiento ¹	Número panículas	Número granos llenos por panícula	Número granos llenos por planta	Maduración	Masa mil granos	Masa seca tallos
Control	0,94**	0,87**	0,92**	0,18	0,02	0,73*
DH1	0,80**	0,93**	0,97**	0,70*	0,08	0,95**
DH2	0,82**	0,93**	0,96**	0,71*	0,16	0,94**

¹ Control: Plantas anegadas durante todo el ciclo. DH1 y DH2: Plantas expuestas a déficit hídrico en la fase de ahijamiento, desde 33 a 47 días después de la siembra (DDS) y desde 40 a 54 DDS, respectivamente.

* Significativo: P<0,05; ** Significativo: P<0,01.

CONCLUSIONES

En plantas de arroz sometidas a déficit hídrico en la fase inicial del ahijamiento, la reducción de variables del crecimiento como el número de tallos primarios, y fundamentalmente del área foliar y la masa seca de tallos, influyen en el comportamiento del rendimiento y sus componentes. La disminución de la masa seca de los tallos como órgano fuente fue una de las causas que provocó un menor número de granos llenos, por insuficiente disponibilidad de asimilados para el llenado de los granos, que constituye el principal sumidero. La identificación de caracteres morfo-fisiológicos que limitan el rendimiento potencial podría contribuir al desarrollo del programa de mejora genética del cultivo de arroz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, R. 2006. Mejoramiento para la resistencia a la sequía en el cultivo del arroz. I Curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. II Arroz. Sancti Spiritus, Cuba. 25 p.
- Barrs, H.D.; P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15:413-428.
- Castillo, E.G.; T.P. Tuong; A.M. Ismail; K. Inubusji. 2007. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stress. *Plant Prod. Sci.* 10: 159-170.
- He, H.Y.; M. Koike; T. Ishimaru; R. Ohsugi; T. Yamagishi. 2005. Temporal and spatial variations of carbohydrate content in rice leaf sheath and their varietal difference. *Plant Prod. Sci.* 8: 546-552.
- II Arroz. 2005. Instituto de Investigaciones del Arroz. Instructivos Técnicos para el Cultivo del Arroz. La Habana, Cuba. 113 p.
- IRRI. 2002. International Rice Research Institute. Standard Evaluation System for Rice. Genetic Resource Center. INGER. Manila, Las Filipinas. 56 p.
- Jaffuel, S.; J. Dauzat. 2005. Synchronism of leaf and tiller emergence relative to position and to main culm development stage in a rice cultivar. *Ann. Bot.* 95: 401-412.
- Kato, Y.; A. Kamoshita; J. Yamagishi; J. Abe. 2006. Growth of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply. 1. Nitrogen content and dry matter production. *Plant Prod. Sci.* 9: 422-434.
- Kato, Y.; A. Kamoshita; J. Yamagishi; H. Himoto; J. Abe. 2007. Growth of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland condition with different level of water supply 3. Root system development, soil moisture change and plant water status. *Plant Prod. Sci.* 0: 3-13.
- Laza, M.R.; S. Peng; S. Akita; H. Saka. 2004. Effect of panicle size on grain yield of IRRI-Released *Indica* rice cultivars in the wet season. *Plant Prod. Sci.* 7: 271-276.
- Okawa, S.; A. Makino; T. Mae. 2003. Effect of irradiance on the partitioning of assimilated carbon during the early phase of grain filling in rice. *Ann. Bot.* 92: 357-36.
- Polón, R. 2007. Estudio de diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia sobre la germinación, la masa seca, la altura de la planta y el rendimiento agrícola. *Cult. Trop.* 28:101-103.
- Sarvestani, T.Z.; H. Pirdashti; M. Ali; H. Balouchi. 2008. Study of water stress in different growth stages on yield and yield components of different rice (*O. sativa* L.) cultivars. *Pak. J. Biol. Sci.* 11:1303-1309.
- Siopongco, J.; A. Yamauchi; H. Salekdeh; J. Bennett; L.J. Wade. 2006. Growth and water use response of doubled-haploid rice line to drought and rewatering during vegetative stage. *Plant Prod. Sci.* 9:141-151.
- Systat. 2000. Systat. Versión. 10.0. Systat Software. San Jose, EUA.
- Statgraphics. 2000. Statgraphics Plus. Ver. 5.0. Statpoint Technologies. Warrenton, EUA.
- Takai, T.; Y. Fukuta; T. Shiraiwa; T. Horie. 2005. Time-related mapping of quantitative trait loci controlling grain-filling in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 56: 2107-2118.
- Tarjuelo, J.M. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 54 p.