LA APLICACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO COMO ALTERNATIVA PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DEL ARROZ

R. Polón, Sarah Mesa, E. López y R. Castro

ABSTRACT. A research study was conducted at "Los Palacios" Rice Research Station for three years, under semicontrolled and field conditions, with the objective of determining the effect of default water stress upon rice development and yield. Results provided a high response to stressed plant recovery (12-24 hours) after water supply; a greater tillering and panicle number/m^2 was observed compared to the check. Significant differences ($P < 0.05$) were recorded under semicontrolled and field conditions, when stress occurred in variants 1 and 2 in relation to the check, which was the worst of all.

Key words: stress, crop yield, rice, *Oryza sativa*, crop physiology, evapotranspiration

RESUMEN. En la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", durante tres años, en condiciones semicontroladas y en campo se desarrolló un estudio, para determinar el efecto del estrés hídrico por defecto sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo del arroz. Los resultados arrojaron una alta respuesta a la recuperación de las plantas estresadas (12-24 horas) después de ser abastecidas de agua; se observó un mayor ahijamiento y número de panículas/m^2 respecto al testigo. Es de interés señalar que en condiciones semicontroladas y en campo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), cuando el estrés se realizó en las variantes 1 y 2 respecto al testigo que fue el peor.

Palabras clave: estrés, rendimiento de cultivos, arroz, *Oryza sativa*, fisiología vegetal, evapotranspiración

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es un aspecto de gran importancia, por ser el régimen de aporte de agua una de las actividades más costosas que se realizan en la producción y que se señala entre los factores que están incidiendo de forma negativa, específicamente en el momento de la cosecha. La intervención del agua en los procesos fisiológicos de las plantas es amplia y compleja, por ser este compuesto el mayor constituyente de los tejidos fisiológicamente activos, además de cumplir otras funciones dentro del vegetal debido a sus propiedades específicas; es por esto, que en los estudios de sus funciones dentro de las plantas, los aspectos tales como el déficit hídrico y grado de turgencia que existen en los diferentes órganos adquieren una importancia notable.

El primer efecto medible, como resultado de someter las plantas al estrés de humedad, resulta en la mayoría de los casos una reducción en el crecimiento producida por la inhibición del alargamiento celular, lo que está dado por el grado de turgencia que tienen las células en estas condiciones (Boyer, 1968), así como una alteración en los procesos fisiológicos (Castro, 1990).

Dr. R. Polón, Investigador Agregado; Sarah Mesa, Investigador; E. López, Especialista Principal y Dr. R. Castro, Investigador Auxiliar de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

Esta temática ha sido poco estudiada en Cuba y mucho menos como alternativa para aumentar los rendimientos; la literatura informa muy pocos trabajos al respecto.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto del estrés hídrico sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz de aniego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", sobre un suelo Hidromórfico Gley Ferralítico laterizado (Hernández *et al.*, 1975). Se utilizó la variedad LP-1 bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas para condiciones semicontroladas, y de tres tratamientos y cuatro réplicas para condiciones de campo.

El experimento se condujo en las épocas lluviosas 1991-1992 y las poco lluviosas 1991-1992 y 1992-1993, en condiciones semicontroladas en macetas de 1 m^2 de área con regulación de drenaje. La siembra se realizó a chorrillo a una separación de 10 cm, con una densidad de semilla de 130 kg.ha^{-1}.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, aplicándose la dócima de rango múltiple de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias a $P < 0.05$.

Las variantes estudiadas en condiciones semicontroladas fueron de la 1 a la 4 con estrés hídrico y el control con aniego permanente.

En el trabajo con parcelas experimentales se incluyeron las variantes 1, 2 y 5 en un área de parcelas de 80 m^2, y se desarrolló en el período poco lluvioso

1992-1993. La siembra se realizó de forma directa a chorrillo, a una separación entre surcos de 15 cm con una densidad de semilla de 130 kg.ha^{-1}.

Las atenciones fitotécnicas se realizaron según las recomendaciones de los Instructivos técnicos del cultivo (1990), excepto el riego que se aplicó según las variantes estudiadas.

Mediciones y observaciones:

- rendimiento
- panículas por metro cuadrado
- consumo de agua
- humedad del suelo
- pérdida de agua por la planta
- temperatura del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas que fueron sometidas a estrés hídrico en las variantes 1 y 2 en condiciones semicontroladas, tuvieron rendimientos superiores al testigo (Tabla I). Similares resultados informaron Castro *et al.* (1990), quienes encontraron rendimientos superiores cuando el estrés fue sometido en la fase de máximo ahijamiento respecto al testigo (aniego permanente).

Tabla I. Rendimiento (g). Promedio de tres campañas

Variantes	Período poco lluvioso 1991-1992 y 1992-1993	Período lluvioso 1991-1992
T1	450 a	380 a
T2	445 a	360 a
T3	365 a	325 a
T4	320 ab	280 a
T5 (testigo)	290 b	235 b
ES $\bar{X}$	7.64***	8.36***

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para P ≤ 0.05, según dócima de rango múltiple de Duncan

En el campo se corroboraron los resultados en condiciones semicontroladas, siendo las mejores variantes las relacionadas con el déficit de humedad en 1 y 2, encontrándose diferencias significativas en los rendimientos al superar al testigo en 2.3 t.ha^{-1} (Tabla II).

Tabla II. Rendimiento agrícola al 14 % de humedad (t.ha^{-1}) en campo

Variantes	Período poco lluvioso 1992-1993
T1	7.50 a
T2	7.47 a
T5 (testigo)	5.12 b
ES $\bar{X}$	0.56***

Esta superioridad en el rendimiento, al someter el cultivo a una fuerte deficiencia de agua durante un período entre 15-25 días, permitió ir elevando la temperatura del suelo gradualmente; cuando se alcanzó el estrés, la temperatura del suelo osciló entre 22 y 26°C. Esta pudo ser una de las causas que permitieron que las plantas ahijaran mucho más en las variantes 1 y 2 respecto al testigo.

Resultados similares fueron planteados por Castro *et al.* (1990) y el CRRI (1989). Por otra parte, el CRRI (1993) manifestó que al aumentar la temperatura del suelo, se incrementa la concentración de la enzima-N en condiciones fuertes de estrés, produciendo una mayor cantidad de panículas por metro cuadrado. Esto confirma lo encontrado en este trabajo, respecto a este componente del rendimiento (Tabla III).

Tabla III. Panículas por metro cuadrado en campo

Variantes	Período poco lluvioso 1992-1993
T1	316 a
T2	316 a
T5 (testigo)	288 b
ES $\bar{X}$	6.43**

El estrés hídrico en las variantes 1 y 2 redujo la altura de las plantas, el largo de las hojas y prolongó el estadio vegetativo, incluso después que fue eliminado el estrés. Al hacer una valoración cuantitativa en las hojas, se observó un color verde más intenso que en la variante sometida a aniego permanente (control); este fenómeno podría atribuirse a una mayor concentración de clorofila.

En la Tabla IV se refleja el comportamiento del consumo de agua de unos 1 500 m^3.ha^{-1} menos en los tratamientos de estrés respecto al testigo. La humedad del suelo estuvo siempre por debajo de la capacidad de campo (20.7 %), las plantas soportaron un coeficiente de marchitez temporal, pero con el riego de nuevo, las plantas se restablecieron. Las hojas se enrollaron, manifestando una deficiencia hídrica en las plantas mucho antes de llegar al punto de marchitez.

Tabla IV. Consumo de agua y humedad del suelo

Variantes	Consumo de agua (m^3.ha^{-1})	Humedad del suelo (% RSS)
T1	8 000	18.06
T2	8 000	17.71
T3	8 000	16.31
T4	8 000	17.00
T5 (testigo)	9 500	Lámina de agua

Con esto queda demostrado, que la humedad del suelo no es la determinante para producir rendimientos aceptables, sino el contenido de agua en las hojas y en los tejidos del vegetal. Resultados similares encontró Kramer (1974) en sus estudios sobre estrés hídrico.

En las Tablas V y VI aparecen los valores de pérdida de agua por transpiración, que fueron siempre mayores en las variantes estresadas respecto al testigo (aniego permanente), acentuándose estas pérdidas en las variantes 1 y 2. Resultados similares presentaron Polón y Anicia Pardo (1980), quienes plantearon que las mayores pérdidas de agua se producen en este cultivo

por evapotranspiración en estas etapas. En las variantes 3 y 4 son menos acentuadas, pero son superiores al testigo; esto podría atribuirse a que en estas variantes, las plantas utilizan más el agua en otras funciones fisiológicas, tales como en la formación del cambio de primordio y de la panícula entre otras funciones.

Tabla V. Pérdida de agua por las plantas en g.kg^{-1} de masa fresca. Primavera 1991

Variantes	Masa inicial (g)	Pérdida de agua (g)					
		30'	60'	90'	120'	150'	180'
				Variante 1			
T1	15	133	200	333	467	600	667
T5	48	21	104	167	250	354	458
				Variante 2			
T2	30	67	167	233	333	433	500
T5	55	36	91	145	236	309	364
				Variante 3			
T3	51	20	98	157	235	333	412
T5	66	20	136	197	242	273	348
				Variante 4			
T4	71	42	99	141	211	268	338
T5	88	45	91	136	182	205	245

Tabla VI. Pérdida de agua por las plantas en g.kg^{-1} de masa fresca. Primavera 1992

Variantes	Masa inicial (g)	Pérdida de agua (g)					
		30'	60'	90'	120'	150'	180'
				Variante 1			
T1	20	100	200	300	400	450	500
T5	50	60	120	160	200	240	300
				Variante 2			
T2	33	91	212	303	364	455	545
T5	58	52	138	207	259	345	414
				Variante 3			
T3	56	36	107	179	232	321	393
T5	71	28	85	141	197	254	352
				Variante 4			
T4	79	127	177	253	316	405	468
T5	93	123	145	178	239	258	294

Por otra parte, Kramer (1974) planteó que en un suelo frío y con deficiente aireación, se reduce la absorción de agua por incrementos de la resistencia al flujo de agua hacia las raíces, más que por inhibición directa de la absorción.

La velocidad de recuperación después del estrés, pudo asociarse al contenido de agua en las hojas durante el período de déficit hídrico. Bajo una deficiencia hídrica fuerte, la recuperación de la planta fue más alta; resultados similares informaron Bhattacharjee *et al.* (1971).

Las plantas de arroz al sufrir una deficiencia hídrica en las variantes 1 y 2, estimularon la cosecha en 2.3 t.ha^{-1} más respecto a las que no se sometieron al estrés, es decir, las que estuvieron bajo aniego permanente. Esto permitió un ahorro de agua de unos 1 500 m^3.ha^{-1} respecto al testigo, se mejoró la relación agua-suelo-planta y se produjeron las mayores pérdidas de agua con las variantes 1 y 2. Hubo una mayor aireación del suelo estresado respecto al testigo. Se incrementan el ahijamiento y las panículas por metro cuadrado.

BIBLIOGRAFÍA

Boyer, J. S. Relación del potencial hídrico en el crecimiento de las hojas. Fisiología de las plantas 45:1056-1062, 1968.

Bhattacharjee /et al./. Estudio del estrés hídrico en un grupo de variedades promisorias. Fisiología de las plantas 74:304-307, 1991.

Cuba. MINAGRI. Instructivos técnicos del cultivo del arroz, 1990.- 22 p.

Castro, P. /et al./. Fisiología de la producción agrícola. Arroz, 1990.

CRRI (Centro Internacional de Investigación del Arroz para la Resistencia). Características fisiológicas del arroz estresado en la India. p. 6-8, 1989.

CRRI (Centro Internacional de Investigación del Arroz para la Resistencia). Características del tallo del arroz para la resistencia a la sequía. p. 1-6, 1993.

Hernández, A. /et al./. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. **Academia de Ciencias de Cuba. Suelos** (La Habana)23:1-25, 1975.

Kramer, P. J. Años de progreso en las investigaciones de las relaciones del agua en las plantas. Fisiología de las plantas 54:463-471, 1974.

Polón, R. y Anicia Pardo. Estudio de evapotranspiración y filtración en el cultivo del arroz en un suelo arenoso. Cultivos Tropicales (La Habana)4(3):477-484, 1982.

Recibido: 21 de octubre de 1994
Aceptado: 25 de enero de 1995