

MANEJO DEL AGUA EN UN SISTEMA DE RIEGO INGENIERO SIN CASCADA Y SU EFECTO EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

R. Polón✉

ABSTRACT. A water management study in one irrigation system, its effect on the electric conductivity of soil saturation extract and rice yield was conducted at “Cubanacán” farm, pertaining to “Los Palacios” Rice Agroindustrial Complex, for three poorly rainy and three rainy seasons, whereas water management on nonsloping terraces did not show any statistical effects, either upon yield or electric conductivity.

Key words: rice, *Oryza sativa*, irrigation systems, electrical conductivity, yield, plant response

RESUMEN. En la granja Cubanacán perteneciente al CAI Arrocerero “Los Palacios”, durante tres épocas poco lluviosas y tres lluviosas (desde 2000 hasta 2002), se desarrolló un estudio del manejo de agua en un sistema de riego ingeniero sin cascada, para conocer su efecto en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y en el rendimiento del cultivo. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el rendimiento agrícola y en la conductividad eléctrica del suelo cuando el riego se manejó en terrazas sin cascada (sin pendiente).

Palabras clave: arroz, *Oryza sativa*, sistemas de riego, conductividad eléctrica, rendimiento, respuesta de la planta

INTRODUCCIÓN

El proceso de salinización está estrechamente vinculado, sobre todo, al uso de técnicas de irrigación agrícola inapropiadas. En muchos casos, la calidad del agua aplicada al cultivo tiene efectos perjudiciales en las propiedades del suelo, pues a menudo el agua contiene cantidades elevadas de sales que se quedan en el suelo debido a la evapotranspiración del cultivo. A menos que las sales sean lavadas de las raíces (mediante un proceso que requiere suficiente agua de buena calidad y adecuadas condiciones de drenaje), para la planta será cada vez más difícil absorber agua y, a través del tiempo, las sales se acumularán en tal concentración que parcial o completamente afectará el crecimiento y, por consiguiente, su repercusión negativa en el rendimiento agrícola.

En Cuba, los suelos afectados por salinidad cubren el 14 % de la tierra total (aproximadamente un millón de hectáreas); alrededor de 1-2 % de los suelos afectados por sales se han abandonado debido a las altas concentraciones de estas (1). En tales condiciones son comunes las reducciones productivas, el bajo rendimiento y la baja calidad de la producción.

El objetivo del estudio fue conocer el efecto del manejo de agua en un sistema de riego ingeniero sin cascada y su influencia en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y en el rendimiento agrícola del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se condujo en la granja de semilla de Cubanacán, perteneciente al CAI Arrocerero “Los Palacios”, durante tres épocas poco lluviosas y tres lluviosas (desde el 2000 hasta el 2002) en un suelo Hidromórfico Nodular Ferruginoso Petroférrico (2) en un sistema de riego ingeniero sin pendiente del tipo Kuban.

Este sistema está constituido por cuatro terrazas que conforman una carta, sin pendiente entre ellas (están en un mismo plano horizontal). El área de cada terraza es de 4 ha. El riego se maneja de forma radial, es decir, existe una obra de fábrica situada entre las cuatro terrazas, encargada de distribuir el agua de forma simultáneamente a cada terraza con una baja velocidad, no permitiendo la acumulación de sales solubles totales en las terrazas, a diferencia del sistema de riego del tipo “Los Palacios”, que sí produce este tipo de acumulación principalmente en la última terraza.

La densidad de siembra fue de 120 kg.ha⁻¹. Para el desarrollo del experimento se utilizó la variedad de arroz de ciclo medio J-104.

Dr.C. R. Polón. Investigador Auxiliar, de la Estación Experimental de Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ rpolon@inca.edu.cu

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos (conformado por cada una de las terrazas) y cuatro réplicas durante tres años. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza simple, aplicándose la dócima de rangos múltiples de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias para un nivel de significación ($p \leq 0.05$).

Evaluaciones realizadas:

- ★ Rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$) en un área de $25 m^2$ por cada réplica
- ★ Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo ($mmhos/cm$) con un conductímetro

La medición de la conductividad eléctrica a las muestras de suelo se realizó después de la cosecha del experimento, tomándose un total de 20 muestras en forma diagonal en las terrazas.

Preparación de muestras para realizar la medición. La extracción de las sales solubles tiene una proporción suelo:agua de 1:1. Se añade una muestra de suelo de 50 a 150 g de peso en forma de suelo seco, o la cantidad equivalente de suelo húmedo a un peso igual de agua exenta de CO_2 (incluyendo en esta cantidad total el agua que contenga la muestra), que se encuentra en un frasco de tamaño adecuado. Se tapa este y se agita durante un período de dos horas, preferentemente mediante un agitador rotatorio (si no han de hacerse más que medidas de conductividad se usará una muestra pequeña). A continuación se filtra la suspensión a través de un gran embudo Buchner dotado de un papel de filtro de porosidad media perfectamente adherido. Se logra que el papel de filtro quede adherido a la superficie del filtro humedeciéndolo con agua destilada y practicando una ligera succión. El exceso de agua que pasa a su través se descarta antes de empezar la filtración de la suspensión. Es posible que la primera porción del líquido filtrado sea turbia, en cuyo caso o se descarta o se hace pasar nuevamente a través del filtro. El filtro se mantiene tapado con un vidrio durante el proceso de filtración, con el fin de retardar la evaporación. Se mide la conductividad y la celda para la determinación se suele conservar sumergida en agua destilada. Generalmente se lava dos veces con la disolución cuya conductividad se ha de determinar, pero si la cantidad de disolución de que se dispone es insuficiente, es posible lavar la celda con acetona y secarla, con el fin de evitar la dilución del extracto con agua. Se llena la celda con la dilución a ensayar, de forma que queden sumergidos los electrodos. Se equilibra el puente y se anota la lectura como resistencia o conductividad eléctrica y, a continuación, se deduce la concentración de sales en la disolución o extracto 1:1, que es automáticamente la concentración en el suelo, calculada para una muestra desecada en la estufa.

Equipamiento. Los aparatos necesarios son: un puente salino de corriente alterna o puente eléctrico para medir resistencia, una celda para la determinación de conductividades con electrodos de platino-platinado; un Buchner o embudo especial para el vacío, conectado a

un frasco en que se hace el vacío o a un desecador; una trompa (también es posible utilizar una centrifuga con sus correspondientes tubos) para la separación del extracto del suelo, tubos de ensayo grandes, botellas o matraces para recoger los extractos y un termómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos, al compararse entre sí las cuatro terrazas, no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos los años estudiados, tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso. Como se puede apreciar en las Tablas I y II, se plantea que para este tipo de sistema de riego que suministra el agua en forma radial (3, 4, 5, 6) y con un movimiento muy lento del agua, los rendimientos no se vieron afectados de forma significativa, a diferencia del sistema de riego del tipo "Palacios" que sí se afectan, para el manejo del agua en el tipo "Kuban" con el decursar de los años no se incrementa la concentración de sales solubles totales en las terrazas, lo que pudiera deberse también a la insignificante acumulación de sustancias tóxicas producidas por la prolongada inundación.

Tabla I. Rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$) al 14 % de humedad. Período poco lluvioso

Terrazas	Rendimiento agrícola		
	1999-2000	2000-2001	2001-2002
1	5.20	5.22	5.28
2	5.16	5.20	5.17
3	5.18	5.14	5.16
4	5.19	5.23	5.29
E S	0.082 ns	0.081 ns	0.080 ns

Tabla II. Rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$) al 14 % de humedad. Período lluvioso

Terrazas	Rendimiento agrícola		
	2000	2001	2002
1	4.55	4.45	4.36
2	4.45	4.40	4.47
3	4.58	4.38	4.43
4	4.48	4.44	4.47
ES	0.076 ns	0.077 ns	0.078 ns

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para $P=0.05$ según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan

Como se puede apreciar en las Tablas I y II, el rendimiento agrícola correspondiente al período poco lluvioso siempre fue superior al período lluvioso. Sobre este tema en investigaciones similares, se ha expresado que esta superioridad en el rendimiento se atribuye a que el cultivo está expuesto a un mayor número de días a la luz (radiación solar) (7, 8, 9, 10), lo que permite un mayor período de actividad fotosintética por la planta y una mayor acumulación de fotosintatos, que posteriormente son traslocados a la panícula permitiendo un mayor y mejor llenado del grano (13).

En las Tablas III y IV se puede apreciar cómo fue el comportamiento de la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo; en este indicador no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para los años estudiados en el sistema de riego Kuban, al compararse las cuatro terrazas entre sí, tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso, quedando demostrado que no hubo una acumulación significativa de las sales solubles totales en las terrazas estudiadas, dada por la similitud encontrada en los valores de la conductividad eléctrica. Al respecto, otros investigadores, trabajando en sistemas de riego semejante al de este trabajo, informaron similares resultados al plantear que no se producen acumulaciones significativas de sales solubles totales que afecten al rendimiento agrícola y al suelo, no afectando la conductividad eléctrica del suelo (6, 11, 12, 13).

Tabla III. Conductividad eléctrica (mmhos.cm⁻²). Período poco lluvioso

Terrazas	Conductividad eléctrica		
	1999-2000	2000-2001	2001-2002
1	0.54	0.54	0.55
2	0.53	0.55	0.56
3	0.52	0.54	0.56
4	0.51	0.52	0.54
ES	0.021 ns	0.022 ns	0.022 ns

Tabla IV. Conductividad eléctrica (mmhos.cm⁻²). Período lluvioso

Terrazas	Conductividad eléctrica		
	2000	2001	2002
1	0.48	0.49	0.51
2	0.48	0.49	0.52
3	0.47	0.47	0.50
4	0.46	0.48	0.51
ES	0.020 ns	0.019 ns	0.021 ns

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para $P = 0.05$ según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan

A modo de conclusión se puede asegurar que en el sistema de riego del tipo "Kuban" sin pendiente entre sus terrazas, que se riegan simultáneamente en forma radial, el rendimiento agrícola en las cuatro terrazas que la conforman no se vieron significativamente afectadas; similar comportamiento presentó la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.

AGRADECIMIENTOS

A los técnicos Ernesto Díaz Valdés y Jorge de la Cruz Canino, por su esfuerzo en la conclusión exitosa de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Cuba, MINAGRI. Instructivos técnicos del arroz. 2002. p. 24.
2. Cuba, MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos. La Habana: Agroinform, 1999. 71 p.
3. Popov, B. A. Estudio de diferentes manejos del agua en el cultivo del arroz en un sistema de riego ingeniero del tipo Kuban para el hidromejoramiento del suelo en la región de Krasnodar (en el Kuban), Rusia. *Obras Hidrotécnicas en el Cultivo del Arroz*, 2005, Vol. 3. no.3, p. 9-11.
4. Saitsev, I. B. Algunas consideraciones para el manejo del agua en sistema de riego ingeniero con variedades de ciclo corto. *Obras Hidrotécnicas en el Cultivo del Arroz*, 2004, vol. 1. no.1, p. 26-29.
5. Popov, B. A. Estudio de diferentes manejos del agua en el cultivo del arroz en sistema ingeniero con pendiente. *Obras Hidrotécnicas en el Cultivo del Arroz*, 2003, vol. 2. no. 3, p. 17-19.
6. Saitsev, Y. A. Estudio comparativo en el régimen de riego en dos sistemas de riego con y sin pendiente y su influencia en la calidad del agua y del suelo. *Obras Hidrotécnicas en el Cultivo del Arroz*, 2002, vol. 3, no.1, p. 10-14.
7. Internacional Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas. Filipina, 2003. p.18-20.
8. Intertional Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas. Filipina, 2004. p.25-31.
9. Bhltachargee, D. D. Physiological basis of drought conditions. *Oryza*, 2002, vol.8, no.2, p. 61-68.
10. Bashar, M. K.; Hague, E.; Das, R. y Miah, N. M. Relationship of plain area to yield, filled grains per panicle and panicle length in upland rice varieties. *Newletter*, 2002, vol. 16, no. 12, p. 12.
11. Vielisco, M. Ricavaya karta y régimen orochenia rica. *Obras Hidrotécnicas na Rica*, 2002, vol. 2, no.2, p.6-9.
12. Polón, R.; Castro, R. I.; Miranda, A.; Ramírez, M. R. y Pérez, N. Diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia en la germinación, masa seca, altura de la planta y el consumo de agua. *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 2, p. 95-97.
13. Polón, R.; Castro, R. I.; Ramírez, M. A.; Miranda, A. y Pérez, N. Estudio comparativo del manejo de agua en dos sistemas de riego y su efecto en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2004, vol. 25, no. 2, p. 95-97.

Recibido: 30 de enero 2006

Aceptado: 27 de noviembre de 2006