

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

R. Polón[✉], Noraida Pérez y Aida T. Rodríguez

ABSTRACT. A water management study was conducted in one irrigation sloping system, in order to know its effect on the electric conductivity of soil saturation extract and rice yield. It was performed at Cubanacán seed farm, pertaining to “Los Palacios” Rice Agroindustrial Complex, for three poorly rainy and three rainy seasons from 2000 to 2002. Results showed a significant crop yield reduction and increased electric conductivity of soil saturation extract when irrigation was applied on sloping terraces. Significant differences were recorded between the first two terraces and the last one.

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

RESUMEN. En la granja de semilla Cubanacán perteneciente al CAI Arroceros “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 con cascada, para conocer su efecto en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo y el rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron una disminución significativa en el rendimiento agrícola y un incremento en la conductividad eléctrica del suelo, cuando el riego se manejó en terrazas con cascada (pendiente), encontrándose diferencias significativas entre las dos primeras y la última terraza.

Palabras clave: arroz, *Oryza sativa*, sistemas de riego, conductividad eléctrica

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 para el cultivo tiene efectos perjudiciales en las propiedades del suelo; generalmente, 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 será 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.

Dr.C. R. Polón y Noraida Pérez, Investigadores Auxiliares; Ms.C. Aida T. Rodríguez, Investigadora de la Estación Experimental del 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

El objetivo del siguiente estudio fue conocer el efecto del manejo de agua en un sistema de riego con 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 Cubanacán, en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico (2), en un sistema de riego ingeniero con cascada (con pendiente) del tipo “Palacios”. *Sistema de riego Los Palacios.* Este sistema de riego está conformado por tres terrazas en pendiente, donde el desnivel entre la primera (más alta) y la última (más baja) es de 30 cm. El área de cada terraza es de 4 ha y el aniego se maneja de forma lineal, es decir, se llena la última terraza primero, posteriormente la segunda y por último la primera; para poder llenar la última terraza el agua debe pasar por la primera y segunda terrazas con una elevada velocidad, pudiendo esto provocar una mayor acumulación de sales solubles totales en la última (punto más bajo del campo) tras muchos años de explotación del sistema como tal (3).

La densidad de siembra fue de 130 kg.ha⁻¹. Para el desarrollo del experimento se empleó la variedad de arroz de ciclo corto Perla de Cuba. Se utilizó un diseño experimental en bloque con cuatro réplicas durante seis campañas de siembras.

Evaluaciones realizadas:

- rendimiento agrícola en un área de 25 m² (t.ha⁻¹) por cada réplica
- conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (mmhos/cm) con un conductímetro

Una carta del sistema de riego y drenaje del tipo "Palacios" está conformada por tres terrazas en pendiente decreciente hacia el drenaje del campo (punto más bajo) con las siguientes características:

- ↳ terraza no. 1 se localiza en el punto más alto de la carta
- ↳ terraza no. 2 se localiza en el punto intermedio de la carta
- ↳ terraza no. 3 se localiza en el punto más bajo de la carta.

Metodología seguida para medir la conductividad eléctrica. La extracción de las sales solubles se hizo con 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 CO₂ (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, 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.

Equipos. Los 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 centrífuga 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

Durante seis períodos de investigación, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el rendimiento agrícola y en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en la posición de las terrazas (entre la primera y la última), no encontrándose diferencias estadísticas entre la primera y la segunda, para este tipo de sistema de riego del tipo "Palacios" (Tablas I, II, III y IV).

Los rendimientos en la última terraza fueron significativamente más bajos ($p \leq 0.05$) respecto a las dos aguas arriba de estas, para todos los años estudiados, tanto en el período poco lluvioso como el lluvioso. Como se puede apreciar en las Tablas I y II, se plantea que en esta última terraza (4, 5, 6) los rendimientos siempre son más bajos con el decursar de los años, respecto al resto de las terrazas que están por encima de esta, lo que pudiera deberse también a la acumulación de sustancias tóxicas producidas por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas, dadas por la prolongada inundación.

Tabla I. Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) al 14 % de humedad. Período poco lluvioso

Terrazas	Rendimiento agrícola		
	1999-2000	2000-2001	2001-2002
1	4.70 a	4.52 a	4.58 a
2	4.46 a	4.50 a	4.47 a
3	3.78 b	3.74 b	3.56 b
E S	0.025*	0.021*	0.020*

Tabla II. Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) al 14 % de humedad. Período lluvioso

Terrazas	Rendimiento agrícola		
	2000	2001	2002
1	3.55 a	3.45 a	3.66 a
2	3.45 a	3.40 a	3.57 a
3	2.58 b	2.58 b	2.45 b
ES	0.018*	0.021*	0.019*

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según Dócima de Rango Múltiple de Duncan

En las Tablas III y IV se puede apreciar cómo fue el comportamiento de la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo; este valor fue siempre significativamente superior ($p \leq 0.05$) en la última terraza respecto a las dos restantes para los años estudiados en el sistema de riego "Los Palacios", quedando demostrado que hubo una mayor acumulación de sales solubles en este punto más bajo, dado por un valor mayor de la conductividad eléctrica. Al respecto, trabajando en sistemas de riego semejantes al de este trabajo, se informaron resultados similares (6, 7, 8, 9), encontrándose también una disminución sustancial y significativa en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, al igual que los resultados de esta investigación, lo cual pudiera atribuirse al estudio de la conductividad eléctrica, los que además atestiguaron que en los puntos

más bajos de las terrazas se presenta un desorden fisiológico en las plantas que afecta el buen desarrollo del cultivo, dada por la excesiva acumulación de sustancias tóxicas en la última terraza con el decursar del tiempo, impidiendo una adecuada nutrición de la planta.

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

Terrazas	Conductividad eléctrica		
	1999-2000	2000-2001	2001-2002
1	0.71 b	0.73 b	0.75 b
2	0.78 b	0.81 b	0.84 b
3	1.12 a	1.14 a	1.19 a
ES	0.031*	0.030*	0.028*

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

Terrazas	Conductividad eléctrica		
	2000	2001	2002
1	0.68 b	0.70 b	0.72 b
2	0.70 b	0.72 b	0.74 b
3	1.06 a	1.08 a	1.10 a
ES	0.032*	0.33*	0.35*

Medias con letras en común por columna no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según Dócima de Rango Múltiple 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; al respecto, se ha expresado que esta superioridad en el rendimiento se atribuye (10, 11, 12, 13) a que el cultivo está expuesto a un mayor número de días a la luz (radiación solar), lo que permite un mayor período de actividad fotosintética por la planta y una mayor acumulación de fotosintatos, que posteriormente son trasladados a la panícula permitiendo un mayor y mejor llenado del grano (13).

A modo de conclusión, se puede asegurar que en sistemas de riego del tipo "Los Palacios" con pendiente, que riegan en cascada, el rendimiento agrícola en las dos primeras terrazas es significativamente superior, respecto a la terraza que está situada en el punto más bajo, sucediendo lo inverso con la conductividad eléctrica en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al esfuerzo realizado por los técnicos Ernesto Díaz Valdés y Jorge de la Cruz Canino, pues de no ser por ellos no hubiéramos podido arribar a estas conclusiones del trabajo.

REFERENCIAS

1. Cuba, MINAGRI. Instructivos técnicos del arroz. 2002. 24 p.
2. Cuba, MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos. La Habana: Agroinform, 1999. 7 p.
3. Cuba, MINAGRI. Instructivos técnicos del arroz. 2003. 20 p.
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. Vielisco, M. Ricavaya karta y régimen orochenia rica. *Obras hidrotécnicas na rica*, 2002, vol. 2, no.2, p. 6-9.
8. 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.
9. 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.
10. International Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas. Filipinas, 2003. p. 18-20.
11. International Rice Research Institute. Annual Report. IRRI. Los Baños, Lagunas. Filipinas, 2004. p. 25-31.
12. Bhlatchargee, D. D. Physiological basis of drought conditions. *Oryza*, 2002, vol. 8, no. 2, p. 61-68.
13. Bashar, M. K.; Hague, E.; Das, R. y Miah, N. M. Relationship of land area to yield, filled grains for panicle and panicle length in upland rice varieties. *Newsletter*, 2002, vol. 16, no. 12, p. 12.

Recibido: 10 de marzo de 2005

Aceptado: 10 de enero de 2006