

Mejoramiento de riego por surcos, continuo e intermitente, en suelo ferralítico rojo lixiviado en el sistema productivo Banao

Improvement of continuous furrows irrigation and surge flow, in floor leached red ferralitic soil in the productive system of Banao

M.Sc. Manuel Rodríguez González¹, Dr.C. Martín Santana Sotolongo¹, Dr.C. Oscar Brown Manrique^{II}, Ing. Freddy Alonso de la Paz^{III}

¹ Universidad de Sancti Spiritus (Uniss), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sancti Spiritus, Cuba.

^{II} Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Centro de Estudios de Riego y Drenaje (CERYD), Ciego de Ávila, Cuba.

^{III} Cooperativa de Créditos y Servicios “Ramón Pando Ferrer”, Comunidad Banao, Sancti Spiritus, Cuba.

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo mejorar la efectividad del regadío e incrementar su productividad agrícola, tal fue el propósito de esta investigación. Se realizaron siete evaluaciones de campo, con riego intermitente a tiempos constantes con tres ciclos de riego de 2 min, automatizado con la válvula hidráulica FULCON DN150 y con flujo continuo, asociado al cultivo de cebolla, en suelo Ferralítico rojo lixiviado (Nitisol ródico-éutrico). Se evaluó el calceín antierosivo como accesorio de la tubería con salidas múltiples para riego intermitente, con un diseño experimental en franja, con tres tratamientos de 15 surcos cada tratamiento y la presencia de un testigo. Para determinar los parámetros de diseño y evaluación se tuvo en cuenta el $Q_{m\acute{a}x}$, tiempo de avance, tiempo de aplicación, tiempo de oportunidad, área regada en función del tiempo, los indicadores de rendimiento del cultivo y el análisis económicos del cultivo. El aforo del agua promedio del riego en el surco fue de $0,416 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ que representó solo el 52,6% del $Q_{m\acute{a}x}$. Con el calceín se reduce 1,7 veces el tiempo de avance, 1,33 veces el tiempo de aplicación y regar $153,2 \text{ m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ más área respecto al testigo, en este propio tratamiento el tiempo de oportunidad del primer tercio solo supera al último tercio 2,3 veces mientras que el testigo 6,43 veces. Se demostró que con esta modalidad se puede regar más área en la misma unidad de tiempo que el riego de flujo continuo. Los mayores rendimientos se obtuvieron con el uso del calceín que representó el 41,7% del total obtenido en la unidad experimental. Se demuestran la ventaja económica que representa la utilización práctica de esta tecnología, que alcanza un beneficio neto del 45% superior al método tradicional.

Palabra clave: válvula automática, calceín antierosivo

ABSTRACT: His work has of the water in the superficial watering has as objective to improve the effectiveness of the irrigable one and to increase its agricultural productivity, being the result of investigation. They were carried out seven field evaluations, with surge flow at constant times with three cycles of watering of 2 min, automated with the Hydraulic Valve FULCON DN150 and with continuous flow, associated to the onion crops, in floor leached red ferriferous (Nitisol ródico-éutrico). It was evaluated non-erosive sock like accessory of the pipe with multiple exits for surge flow, with a design in fringe, with three treatments of 15 furrows each variant and the presence of a witness. For determining the design parameters and evaluation one not kept in mind the $Q_{m\acute{a}x}$, time of advance, time of application, time of opportunity, area watered in function of the time, the indicators of yield of the cultivation and the economic analysis of the cultivation. The seating capacity of the water average of the watering along the furrow was of $0,416 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ that I represent alone 52, 6% of the non erosive $Q_{m\acute{a}x}$. With the sock he decreases 1,7 times the time it advances, 1,33 times the time of application and to water $153,2 \text{ m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ more area regarding the witness, in this own treatment the time of opportunity of the first alone third overcomes to the last third 2,3 times while the witness 6,43 times. It was demonstrated that with this modality one can water more area in the same unit of time than the watering of continuous flow. T The biggest yields were obtained with the use of the sock that represented 41,7% of the total obtained in the experimental unit. They are demonstrated the economic advantage that represents the practical use of this technology that reaches a net profit from 45% superior to the traditional method

Keywords: automatic valve, non-erosive sock

INTRODUCCIÓN

El intelecto humano ha evolucionando a la par del desarrollo científico mundial con relación al riego. Los primeros sistemas que se utilizaron en el mundo para llevar el agua a la planta fueron los superficiales, desde la época del gran Egipto y la China de los canchilones hidráulicos. Al presente, durante 9000 años, pocas mejoras tecnológicas fueron introducidas para aumentar la eficiencia del sistema del riego superficial (Roqué, 2009). Solo a partir de las últimas décadas del siglo pasado se ha enfrentado el riego con un enfoque científico racional, que permite utilizar el recurso agua con mayor eficiencia (Rodríguez y Santana, 2003).

En los últimos años, el riego intermitente ha surgido como una de las tecnologías de mayor eficiencia en el uso del agua de riego. Ha revolucionado substancialmente los sistemas superficiales, modificando y mejorando radicalmente cada uno de los parámetros que intervienen en el funcionamiento de este antiguo método. La explicación del fenómeno del riego intermitente se debe a que entre un pulso y otro se produce un disgregamiento de terrones, un reordenamiento de las partículas y una migración de sedimentos que sellan la base del surco. Por otra parte al haber una interrupción de suministro de agua queda aire atrapado en los poros del suelo (Carbajal, 2004). El objetivo del presente trabajo fue demostrar la eficiencia y mejoramiento del método de riego superficial.

MÉTODOS

La investigación se realizó en el sector campesino perteneciente a la comunidad Banao, en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, típico (Hernández *et al.*; 1999). Se determinó los parámetros de diseño y evaluación del riego por surcos en el cultivo de la cebolla bajo las condiciones en que se desarrolla la producción de este cultivo en la localidad. El diseño experimental empleado fue en franjas con tres tratamientos (Tabla 1). La pendiente longitudinal de la unidad en estudio es de 1,5%.

El riego se efectuó intermitente se efectuó de forma automática con el uso de la válvula FLUCON DN150 a tiempos constantes con tres ciclos de riego para las variantes estudiadas. El tiempo de cada ciclo de 2 y 3 minutos de intervalo entre ciclos. En el tratamiento B y C se utilizaron la tubería con salidas múltiples con un total de 30 compuertas es decir 15 ventanas activas para cada tratamiento. El caudal promedio de salida de la válvula (Q) es de $6,8 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ que representa un 8% superior a la suma de los caudales nominales (q) por emisores de la tubería de salidas múltiples ($Q > \sum q$). El gasto nominal por emisores de $0,209 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, la variación entre compuertas extremas es inferior al 5%. Además se utilizó como accesorios el caletín antierosivo. En el surco se hicieron puntos de lectura cada surco 5 m para determinar los tiempos de riego.

TABLA 1. Descripción de los tratamientos

| Tratamiento | Descripción |
|-------------|--|
| A | Riego con flujo continuo (testigo) |
| B | Riego intermitente con caletín antierosivo |
| C | Riego intermitente sin caletín |

Para el aforo del agua en el surco se diseñó un vertedor triangular y fue procesada mediante la ecuación de Francis [1], propuesta por Pacheco *et al.* (2006). El caudal máximo no erosivo ($Q_{\text{máx}}$) se determinó por la expresión propuesta por Haward y Stringham citados por García y Fontova (1998). Los parámetros del riego superficial determinados en el área efectiva de cada tratamiento fueron: tiempo de avance (t_{av}), tiempo de aplicación ($t_a = t_{av} + t_o$), tiempo de oportunidad ($t_o = t_r - t_a$) y el avance de riego por hora (A_{RH}) se determinó por la expresión [2] según Cisneros (2003).

$$Q = C \cdot H^{5/2} \quad [1]$$

$$A_{RH} = \frac{A_S}{T_R} \quad [2]$$

donde:

C-coeficiente de gasto para el vertedor triangular (1,38);

H-altura del agua sobre la cresta del vertedor (cm);

A_S - área del surco; T_R : tiempo de riego por surcos.

Además se tuvo en cuenta el rendimiento del cultivo, los cálculos estadísticos se realizaron mediante el programa Excel y SPSS 11.5 (2002). En el análisis económico se determinó los siguientes índices: beneficio bruto (Bb), beneficien neto (Bn), relación beneficio/costo, Bn/Ct y punto de equilibrio (Q^*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caudal promedio de entrega en los siete riegos efectuados durante el ciclo del cultivo de $0,43 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ con una carga hidráulica promedio de 3,9 cm de la lámina de agua para un CV (5,76%) en estas condiciones. Según Santana (2007) y Rodríguez y Alonso (2011) el caudal promedio utilizado en la zona oscila entre $0,316$ a $0,441 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ y pruebas de riego realizadas en Banao por Brown (2000) demostraron que en ese tipo de suelo y las condiciones de relieve se presentan problemas de erosión en los caudales superiores a $1,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$.

El caudal máximo no erosivo ($Q_{\text{máx}}$) para este tipo de suelo es de $0,79 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ por lo que el caudal máximo promedio aforado en el surco represento solo el 52,6% del $Q_{\text{máx}}$.

En la Tabla 2 se muestra el tiempo de avance (t_{av}) existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, bajo estas condiciones. Se aprecia en los dos variantes donde se utilizó el riego intermitente el t_{av} que utilizan de 1,7 a 1,69 veces menos que el riego continuo respectivamente, lo que permite beneficiar más áreas por unidad de tiempo.

TABLA 2. Tiempo de avance

| Trat. | Números de riego | | | | | | |
|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| A | 225,2 | 226,3 | 224,3 | 221,0 | 221,4 | 218,6 | 221,1 |
| B | 127,8 | 126,2 | 133,4 | 131,7 | 129,2 | 130,7 | 132,6 |
| C | 124,3 | 123,5 | 122,8 | 124,4 | 123,2 | 125,8 | 124,8 |
| CV% | | | | | | | 14,3 |

Letras no comunes en cada tratamiento difieren según la prueba *Mann-Whitney*

Los tratamientos C que puede alcanzar 23,5 m más y el B 20,9 m más que el tratamiento A, lo que representa un indicador

de eficiencia, ahorro de energía, agua y tiempo. Este resultado se sustenta en los criterios de Carbajal (2004), Nalvarte y Huacho (2007) que demostraron que este efecto se origina por incremento en la tensión suelo-agua.

En la Tabla 3 se puede apreciar el tiempo de aplicación (ta) promedio que es directamente proporcional al tiempo de avance. Los de mejor desempeño son los tratamientos donde se utilizó el riego intermitente, el tratamiento C con 1,52 veces menos tiempo y el B con 1,33 veces comparados con el riego continuo para el tiempo de aplicación.

TABLA 3. Tiempo de aplicación

| Parámetro | Tratamientos | | | CV% |
|-----------|---------------|--------------|--------------|------|
| | A | B | C | |
| ta (s) | 251,4± 3,32 c | 188,3±1,39 a | 164,6±1,37 b | 14,6 |

Letras no comunes en cada tratamiento difieren según la prueba *Mann-Whitney*.

En la Figura 1 se muestra área regada en función del tiempo donde diferencias significativas. Se destaca los tratamientos B y C superan al riego continuo desde 153,2 hasta 172,7 m²·h⁻¹ en el avance del riego.

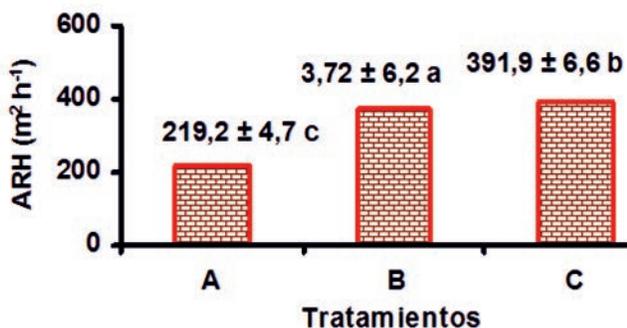


FIGURA 1. Avance del riego por unidad de área y tiempo.

Como se aprecia en la Figura 2 los dos tratamientos de riego intermitente superan al riego continuo en el *to* en el primer y último tercio del surco, lo que tributa a mejorar el patrón de humedecimiento. Se destaca el tratamiento B que difiere significativamente del resto. Se destaca el tratamiento B que solo el tercio inicial supera al tercio final en 2,3 veces, no así el tratamiento A donde alcanza una diferencia de 6,43 veces. Se confirma que con el uso de la válvula se logra un mejor aprovechamiento del agua ya que aumenta su oportunidad de infiltración a lo largo del surco. Criterio que justifica lo planteado por Nalvarte y Huachos (2007) y Rodríguez *et al.*, (2011).

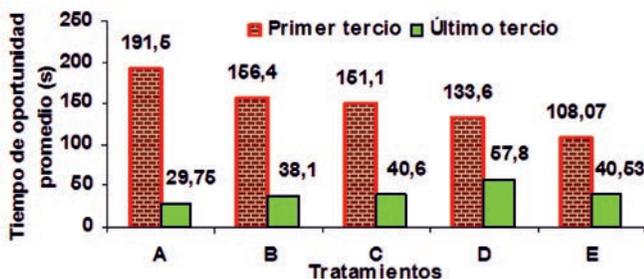


FIGURA 2. Tiempo de oportunidad promedio del primer y último tercio del surco.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la variable post-cosecha evaluada con diferencias significativas entre el tratamiento B respecto al resto. En función de las normas cubanas (NC: 226-2002) para definir la calidad de la comercialización del cultivo de la cebolla el tratamiento B y C son de primera no así, el A que es de tercera. Se destaca el tratamiento donde se utilizó la válvula y el calcetín antierosivo que superó a al riego continuo en 1,45 veces. El tratamiento B se incrementó el rendimiento en un 45,4% respecto al riego continuo.

TABLA 4. Variables post-cosecha rendimiento

| Trat. | Rendimiento (t·ha ⁻¹) | | | Media±S |
|-------|-----------------------------------|-------------|------------|--------------|
| | Parte alta | Parte media | Parte baja | |
| A | 13,16 | 12,67 | 12,48 | 12,77±0,35 c |
| B | 18,75 | 18,46 | 18,52 | 18,57±0,54 a |
| C | 16,64 | 16,2 | 16,18 | 16,34±0,46 b |
| CV% | | | | 13,1 |

Letras no comunes en cada tratamiento difieren según la prueba *Mann-Whitney*.

En la Tabla 5 se observan los índices económicos evaluados. Los rendimientos alcanzados no precisaron de extraordinarios recursos, lográndose Bn sin alteración de precios, en ninguno de los tratamientos. Se destaca el tratamiento B con el mayor beneficio neto que superó al resto en un 45% al riego continuo. El tratamiento donde se utilizó la válvula y el calcetín tiene un efecto económico superior a los 39 mil pesos respecto al tradicional y más de 15 mil pesos con respecto al tratamiento C, lo que representa el valor del incremento de la producción.

TABLA 5. Índices económicos

| Índices | A | B | C |
|-----------------------------|----------|------------|-----------|
| Bb (peso·ha ⁻¹) | 89 900,8 | 130 380,8 | 113 907,2 |
| Bn (peso·ha ⁻¹) | 63 774,3 | 103 477,31 | 87 793,9 |
| Bn/Ct | 2,44 | 3,84 | 3,36 |
| Q* (CUP) | 6525,86 | 6515,60 | 6518,36 |

La relación beneficio/costo supera la unidad para los tres tratamientos, indicador que se considera satisfactorio ya que se gana más de lo que se invierte, el caso del tratamiento B el beneficio neto es más de 3,8 veces lo que se invierte, no así en el riego continuo que solo es 2,4 veces.

En la Figura 3 se muestra el área que es necesaria sembrar para alcanzar el punto de equilibrio donde se unen los egresos con los ingresos, se destaca el tratamiento donde se utilizó la válvula automática con el calcetín como accesorio que necesita 1,6 veces menos área que la necesitada por el método tradicional para alcanzar el punto de equilibrio. Esta diferencia equivale a reducir en un 38,5% del área requerida por el tratamiento A.

Esta tecnología se justifica a pequeña escala y en escenarios con limitaciones de suelos agrícolas, y de recursos hídricos y energéticos. Su utilización ofrece perspectivas favorables de contribuir a la producción de alimentos hortícola y representa una alternativa promisoriosa para ser introducida en los programas nacionales de la agricultura.

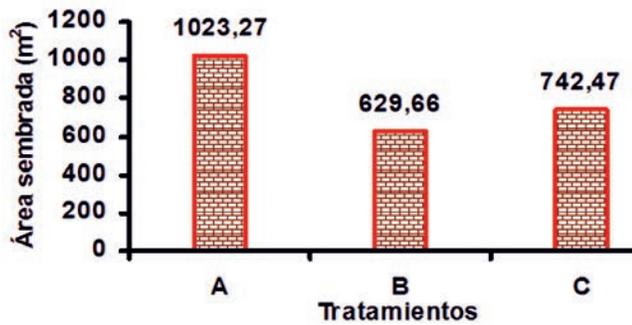


FIGURA 3. Área sembrada para alcanzar el punto de equilibrio en cada tratamiento en función de sus rendimientos.

CONCLUSIONES

- La mayor respuesta agroproductiva del cultivo se alcanzó con la variante que combinó la utilización de la válvula y el calcetín antierosivo como accesorio con 5,8 t·ha⁻¹ de rendimiento más que el método tradicional. Esta variante demostró mayor viabilidad al mejorar los indicadores técnico- económicos con una relación beneficio costo 36,4% superior al alcanzado por el testigo.
- El estudio de los parámetros de diseño y manejo del riego superficial en el cultivo de la cebolla, permitió corroborar que el riego por surcos con caudal intermitente es superior al riego con flujo continuo en la localidad estudiada y proporciona un mejoramiento de esta técnica de riego, que se traduce en ahorro de agua y energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARBAJAL, LL. C.M.: *Metodología para el mejoramiento del uso del agua de riego empleando el sistema de riego intermitente*. Pp. 12-15, **Tesis (en opción al título de Máster)**, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima, Perú. 2004.
2. CISNEROS, R.: *Apuntes de la materia de Riego y Drenaje*. 164pp., 1ra ed. México: Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 2003.
3. GARCÍA, E.; M. FONTOVA: *Ingeniería de Riego*, 260pp., 1ra ed: Centro de Investigación Hidráulicas, Instituto Superior Politecnico "José a. Echeverría", La Habana, Cuba 1998.
4. HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J. M.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUIZ, J.; JAIMEZ, E.; MARSÁN, R.; OBREGÓN, A.; TORRES, J.; GONZÁLEZ, J. E.; ORELLANA, ROSA.; PANEQUE, J. y MESA, Á.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, 64pp., Primera ed. AGRINFON Ministerio de la Agricultura, ISBN 959-246-022-1, La Habana, 1999.
5. NALVARTE, R.; R. HUACHOS: *Necesidades de agua y evaluación de los sistemas de riego intermitente y continuo en el cultivo de Brócoli*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola: UNALM, n° 4, Lima, Perú. 2007.
6. NC 226-2002: (*Cuban National Bureau of Standards*), Cebolla, especificaciones, ININ/ Oficina Nacional de Normalización 1ra Ed., Oficina Nacional de Normalización (NC), junio, La Habana, Cuba, 2002.
7. PACHECO, J.; ALONSO, N.; PUJOL, P. y CAMEJO, E.: *Riego y Drenaje*, 170pp., 2da. Ed. Félix Varela, ISBN 959-258-999-2, La Habana, Cuba, 2006.
8. RODRÍGUEZ, M.; M. SANTANA: *Evaluación de la modalidad de riego intermitente en el cultivo de la cebolla (Allium cepa L.) en Banao, Sancti Spiritus*, 67pp., *Trabajo de Diploma*, UNISS, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez", Sancti Spiritus, Cuba, 2003.
9. RODRÍGUEZ, M.; M. SANTANA; F. ALONSO; B. DELGADO: Mejoramiento del riego por surco en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa L.*) con el uso de un Tanque de Descarga por el Fondo, En: **Uniss. I Conferencia Científica Internacional de la Uniss (YAYABO-CIENCIA, 2011)**, 28-30 del mes de noviembre 2011, ISBN: 978-959-250-730-6, Feijoo y la Uniss, Sancti Spiritus, Cuba, 2011.
10. ROQUÉ, C.: *Caudal discontinuo, la última vanguardia en la técnica del riego [en línea]*. Argentina, 10 marzo 2009, Disponible en: <http://www.prsurge.com/espanol/Riego/intermitente.html> [Consulta: 15 febrero 2011].
11. SANTANA, M.: *Tecnología sostenible para el mejoramiento del riego por surcos y protección del suelo en el cultivo de la cebolla (Allium cepa, L.) en condiciones de premonaña*, 126pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)** Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba, 2007.
12. SPSS INC.: *SPSS Syntax Reference Guide Base 11.5 for Windows User's Guide*. SPSS Inc., Chicago IL. SPSS Reliase 11.5 for Windows Statistical Software. Chicago, USA, 2002.

Recibido: 20 de julio de 2012.

Aprobado: 5 de septiembre de 2013.

Manuel Rodríguez González, Profesor Auxiliar, especialista en Agricultura Sostenible, Universidad de Sancti Spiritus, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Correo electrónico: manuel@suss.co.cu.

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.