



TECNOLOGÍA DE RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de la uniformidad del riego en miniaspersores y difusores en casa de producción de plántulas

Evaluation of the irrigation uniformity in minisprinkler liner and diffuser under house of plants production

Reinaldo Cun¹, Omar Puig¹, Carmen Duarte², Lorenzo Montero¹, Carlos Morales³

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la casa de producción de plántulas de la unidad productiva Las Guásimas, situada en la provincia La Habana, Municipio Arroyo Naranjo. El objetivo principal consistió en evaluar la calidad del riego aplicado utilizando microjet de $40,65 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ y miniaspersores "Bailarinas" de $60 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ en un mismo lateral de riego, comparado con el riego aplicado utilizando solamente miniaspersores "Bailarinas" en el lateral. Estas dos variantes se emplearon para la producción de plántulas en una casa de cultivo con dimensiones de 12 m de ancho por 45 m de largo. Para la determinación de la uniformidad de distribución del riego se utilizó la norma ISO 7749-1. Los resultados obtenidos muestran una mayor uniformidad de distribución del sistema (75%) cuando se regó utilizando solo miniaspersores "Bailarinas", el coeficiente de uniformidad de Christiansen (84,8%) y la eficiencia de descarga (99%), fue superior también cuando se regó utilizando la misma técnica. El porcentaje de área irrigada adecuada fue superior al utilizar los miniaspersores en comparación con la variante de los dos tipos de emisores en el lateral. Se recomienda la utilización de miniaspersores de este tipo para la producción de plántulas en cepellones.

Palabras clave: Eficiencia de aplicación, miniaspersores, área irrigada, emisores.

ABSTRACT. The work was developed in the production house of seedling at Las Guásimas enterprise, located in Arroyo Naranjo municipality in Havana. The main objective consisted on evaluating the quality of the applied irrigation using microjet of $40,65 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ and minisprinkler "Bailarinas" $60 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ in oneself lateral of watering, compared with the applied watering using only minisprinkler "Bailarinas" in the lateral one. These two variants were used for production house of seedling of 12 m width by 45 m length. For determining distribution irrigation uniformity standard ISO 7749-1 was used. The results obtained show a bigger distribution uniformity of system (75%) when it was irrigated using single minisprinkler "Bailarinas", the coefficient of uniformity of Christiansen (84,8%) and the discharge efficiency (99%), it was higher also when it was irrigated using the same technique. The percent of appropriate irrigated area increased when using the minisprinkler in comparison with the variant (of two types of emitters) in the lateral one. The minisprinkler used is recommended of this type for the bid production.

Keywords: Application efficiency, minisprinkler, irrigated area, emitters.

INTRODUCCIÓN

Con la actual recuperación económica que desarrolla el país, se han introducido diferentes módulos para la producción de hortalizas y condimentos frescos con el objetivo de mejorar la dieta alimenticia de la población y comercializar en el

mercado de frontera. Estos módulos comprenden las casas de cultivo para la producción de hortalizas y plántulas en cepellones, tapados que incluyen lombricultura y organoponía. La producción de plántulas mediante cepellones en casas de cultivo, constituyen un eslabón muy importante dentro de la cadena productiva, debido a que el material obtenido es de alta calidad,

Recibido 21/02/11, aprobado 30/01/12, trabajo 02/12

¹ M.Sc., Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km. 2/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Tel.: (53) (7) 645-1731 y 645-1353, e-mail: cun@iagric.cu

² Dr.C. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

³ Ing., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

se encuentra libre de enfermedades y disponible a tiempo para su trasplante (Casanova y Gómez, 2007). La irrigación en estas condiciones se realiza a través de difusores y miniaspersores colocados entre los cepellones o a una altura de 1,45 m sobre los mismos. En muchos casos la ubicación de estos se realiza a criterio del productor y no como se establece en las memorias descriptivas de los proyectos, por lo que en su mayoría no son aceptados. La uniformidad de la aplicación del agua con el riego no ha tenido criterios aceptados ni positivos, por lo tanto, es importante evaluar este indicador ya que es uno de los más relevantes en la determinación del buen funcionamiento de estos sistemas (Cun *et al.*, 2011). Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente por toda la superficie regada de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad y satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos durante el intervalo entre riegos. (Pizarro, 1987). La aplicación eficiente del agua, equivale a un manejo óptimo del riego, lo que permite la obtención de rendimientos altos y estables, logrando un ahorro en el consumo de este preciado líquido utilizado en otras esferas productivas y sociales. En la práctica es muy difícil que un sistema de riego opere con una uniformidad perfecta. La mayoría de los sistemas de riego requieren un valor mínimo de uniformidad de distribución del agua del 80%, una forma de cuantificarla es mediante el Coeficiente de Uniformidad (Cu) propuesto por Christiansen (1942). Haman & Smajstrla (1997), señalan que las principales causas de los bajos coeficientes de uniformidad en los sistemas de microirrigación se deben a la selección inadecuada de los emisores, el solapamiento y la alteración en las presiones de operación.

Tomando en consideración los elementos antes expuestos se desarrolla el presente trabajo con el objetivo principal de evaluar la calidad del riego sobre la base de diferentes indicadores de uniformidad y de eficiencia de descarga en condiciones de producción de plántulas.

MÉTODOS

El trabajo se realizó en el módulo de casas de cultivos "Las Guásimas", situado en la provincia La Habana, Municipio Arroyo Naranjo, a los 23° 00', 33,12" Latitud Norte y 82° 17' 42,57" Longitud Oeste, a 92 m sobre el nivel medio del mar. El módulo cuenta con 18 casas de 12 m x 45 m y una casa de producción de plántulas por cepellones de 12 m x 20 m en la cual fue desarrollado este trabajo, Figura 1.

1. Uniformidad de distribución (Merriam & Keller, 1978)

$$UD_{25\%} = \frac{\text{Lámina media en el 25\% del área menos regada}}{\text{Lámina media de toda el área}} \cdot 100$$

2. Uniformidad de Distribución del Sistema Keller & Bliesner (1990) (UD_s):

$$UD_s (\%) = UD \cdot 1/4 [1 + 3 (P_n / P_a)^{0.5}];$$

donde:

P_n : presión mínima en un aspersor del bloque de riego;

P_a : presión media de los aspersores del bloque.



FIGURA 1. Disposición de los emisores en la casa de producción de plántulas.

Los emisores utilizados fueron los siguientes:

Difusores Microjet, diámetro 1 mm, 2 x 140° con un gasto de 40,65 L·h⁻¹ a una presión de trabajo de 15 m.c.a. y miniaspersores "Bailarinas" con un gasto de 60 L·h⁻¹ a una presión de trabajo de 15 m.c.a., Todos se colocaron sobre un lateral de 16 mm de diámetro (IIRD, 2005).

Se estudiaron dos variantes de colocación de los emisores. En el primer caso se evaluó la calidad del riego utilizando miniaspersores "Bailarinas", colocados a 3,00 m entre emisor y a 2,60 m separación entre lateral. En el segundo caso de estudio se utilizaron los difusores microjet colocados entre los miniaspersores bailarinas a 1,50 m de separación entre emisor y a 2,60 m de separación entre lateral. Cuando se realizó la prueba con los miniaspersores solos, se colocó un tapón el lugar donde se encontraban los microjet. Todos los emisores se situaron a una altura de 72 cm con relación a la boca del pluviómetro.

Se colocó una red de pluviómetros espaciados a 25 cm entre los dos laterales de forma tal que captaran el agua de los emisores y se ubicó otro fuera del área de ensayo con 100 mL de agua para determinar el volumen de agua perdido por evaporación. El área de captación del pluviómetro fue de 68,69 cm², el tiempo de duración de la prueba fue de 60 minutos.

Se realizó un aforo de los emisores en un tiempo de 20 s y se midió la velocidad del viento mediante un anemómetro portátil.

Se aplicó la norma ISO: 7749-1 (1986) y 2 (1990), para el desarrollo del trabajo y se evaluaron los siguientes indicadores según la metodología propuesta:

3. Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (1942) (Cu):

$$CU (\%) = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n \bar{x}} \right)$$

donde:

x_i = altura de agua recogida por cada pluviómetro;

\bar{x} = altura media de agua recogida en el total de los pluviómetro;

n = número total de pluviómetros que intervienen en la evaluación.

4. Coeficiente de Uniformidad del Sistema (CU_s) Keller & Bliesner (1990):

$$CU_s (\%) = CU / 2 [1 + (P_n/P_a)^{0.5}]$$

P_n y P_a igual que en la UD_s.

5. Eficiencia de Descarga (E_d)

$$\text{Altura media de agua recogida } E_d (\%) = \frac{\text{Altura media de agua recogida}}{\text{Altura media de agua descargada}} \times 100$$

Valores recomendados para caracterizar el Cu según Keller y Bliesner (1990):

Cu = 100%	Uniformidad perfecta
Cu > 75%	Uniformidad Buena
50% < Cu < 75%	Uniformidad Media
Cu < 50%	Uniformidad Mala

Se clasificó como área regada excesiva, al porcentaje de la misma que recibe más del 110% de la lámina efectiva,

como área regada adecuada al por ciento de la misma que recibe entre el 90% y el 110% de la lámina efectiva, y como área regada insuficiente, al porcentaje de la misma que recibe menos del 90% de la lámina efectiva, (Merriam *et al.*, 1980).

La distribución de la lámina de agua se realizó mediante la utilización del programa Surfer@ (Goleen Software Inc., 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La velocidad del viento en estas condiciones fue de 0 m•s⁻¹ debido a que la casa tiene cubiertas las paredes con malla muy fina e impide la acción del mismo.

La Tabla 1 muestra los diferentes indicadores de calidad del riego obtenidos en la casa de producción de plántulas, utilizando difusores y miniaspersores al mismo tiempo y con miniaspersores solos. Como podemos observar, el coeficiente de uniformidad de Christiansen y del sistema, en ambos casos fue bueno, mayor del 75%, según la clasificación dada por Christiansen, (1942). En este caso fue superior cuando se regó con miniaspersores solo (84,8%), que con la inserción de los dos emisores en el mismo lateral (76,4%). Resultados obtenidos por Bonet *et al.* (2009), confirman que al usar difusores microjet para estas condiciones de producción, la uniformidad fue baja ya que obtuvieron valores de coeficiente de uniformidad por debajo del 50%. Las uniformidades de distribución y la eficiencia de descarga fue superior cuando se regó con los miniaspersores solamente, alcanzando valores de 75% y 81% respectivamente, esto permite un crecimiento uniforme de las plántulas en los cepellones.

TABLA 1. Comportamiento de la uniformidad y de la eficiencia de descarga

Distribución de emisores	Uniformidad de Distribución 25 (%)	Uniformidad de Distribución del Sistema (%)	Coeficiente de Uniformidad Christiansen (%)	Coeficiente de Uniformidad del sistema (%)	Eficiencia de descarga (%)
Lateral con miniaspersores (Bailarinas)	75	75	84,8	84,87	99
Lateral con miniaspersores (Bailarinas) y difusores microjet	63	63	76,4	76,4	95

La Tabla 2, muestra el porcentaje de áreas regadas de forma excesiva, adecuada e insuficiente. El porcentaje de área excesiva irrigada (10% por encima de la lámina media), fue inferior en el caso de la miniaspersores, contrario a la condición del riego con microjet y Bailarina, donde fue superior, debido a que existen dos tipos de emisores regando al mismo y esto provoca interferencias en el reparto del agua. El porcentaje de área irrigada adecuada alcanzó mayor valor cuando se utilizan solo miniaspersores, comparado cuando se utilizan las dos técnicas. El porcentaje de área regada insuficiente fue más alto cuando se utilizan las dos técnicas.

Resultados similares fueron encontrados por Bonet *et al.* (2009) y Ajete *et al.* (2011), estos investigadores obtuvieron el mayor porcentaje de área regada efectiva cuando utilizaron miniaspersores “Bailarinas” en estas condiciones.

De forma más ilustrada se puede observar el diagrama de reparto del agua en las Figuras 2 y 3. Cuando el riego se aplica sólo con miniaspersores, en la Figura 3, se observa mayor uniformidad y un solapamiento adecuado en comparación con la aplicación del agua con dos emisores diferentes, Figura 2.

TABLA 2. Comportamiento del porcentaje de áreas regadas en las dos variantes analizadas

Distribución de los emisores	Presión a la salida del cabezal (m.c.a.)	Caudal medio De los emisores (L h ⁻¹)	Área excesiva (%)	Área adecuada (%)	Área insuficiente (%)
Casa de producción de posturas con miniaspersores (Bailarinas) .	28	46,35	26,37	43,99	26,67
Casa de producción de posturas con miniaspersores (Bailarinas) y difusores microjet.	28	44,32	36,26	26,37	37,36

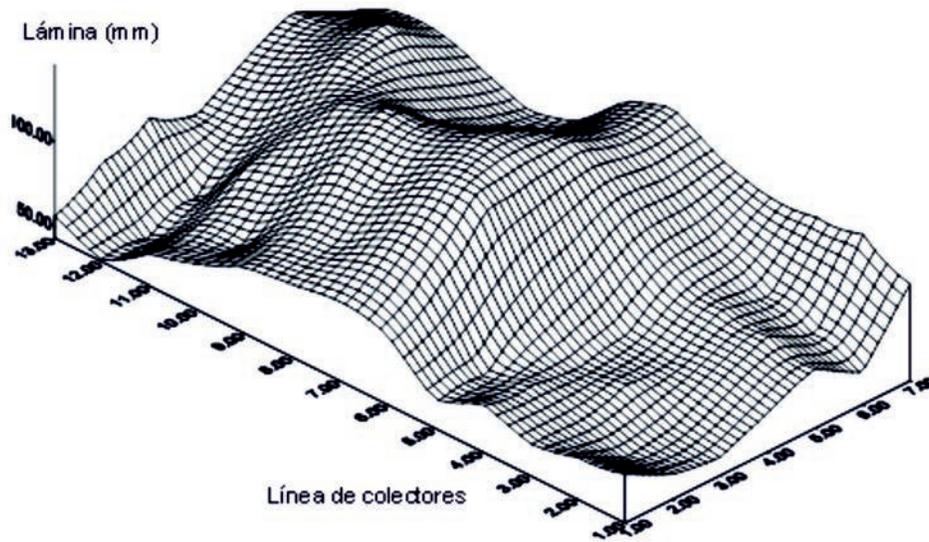


FIGURA 2. Distribución de la lámina de agua aplicada utilizando la miniaspersores y los difusores microjet.

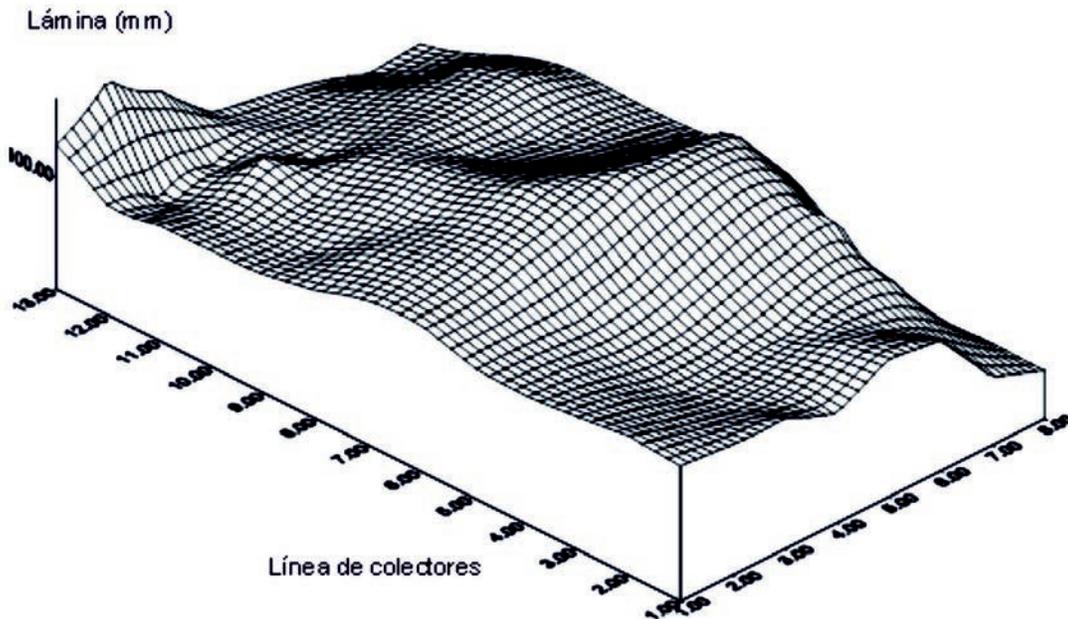


FIGURA 3. Distribución de la lámina de agua aplicada utilizando la miniaspersores solamente.

CONCLUSIONES

- Los valores de coeficiente de uniformidad de Christiansen y del sistema, fueron clasificados como bueno de manera general en las dos situaciones analizadas, pero la superioridad la obtuvo la variante del riego con miniaspersores solo.
- La eficiencia de descarga fue superior cuando se aplicó el agua con los miniaspersores solos en el lateral.
- El mayor porcentaje de área regada adecuada con la lámina efectiva se obtuvo cuando se aplicó el agua con miniaspersores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJETE, M.; C. BONET y C. DUARTE: "Criterios sobre la uniformidad del riego en cultivos protegidos de las provincias centrales", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2): 51-55, 2011.
- BONET, C.; M. AJETE y C. DUARTE: Criterios sobre la uniformidad del riego en casas de cultivos protegidos y sistemas semiprottegidos de la provincia de Camagüey, En: **Convención Internacional de Ingeniería Agrícola 2009**, Bayamo, Granma, 2009.
- CASANOVA, A. y O. GÓMEZ: *Manual para la producción protegida de hortalizas*, 138pp., Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, 2007.
- CUN, R.; O. PUIG; C. MORALES y C. DUARTE: "Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 36-39, 2011.
- CHRISTIANSEN, J. E.: "The uniformity of application of water by sprinkler systems", *Agricultural Engineering*, 22: 89-92, 1942.
- Goleen Software Inc.: Incorporated. SURFER. Surface Mapping System. Colorado, USA, 1994.
- HAMAN, D. Z. & A. SMAJSTRLA: *Uniformity of sprinkler and microirrigation systems for Nurseries*, Bulletin 321, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, USA, 1997.
- IIRD: *Proyecto de riego localizado para cultivos protegidos y semiprottegidos en "Las Guácimas"*, 7pp., La Habana, 2005.
- ISO 7749-1: *Norme internationale, Matériel d'irrigation. Asperseurs rotatifs, Exigences de conception et de fonctionnement, Partie 1*, Vig. 1986.
- ISO 7749-2: *Norme internationale, Uniformité de la distribution et méthodes d'essai, Part 2*, Vig. Julio 1990.
- KELLER, J. & R.D. BLIESNER: *Sprinkle and Trickle Irrigation*, AVI Book, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- MERRIAM, J.L. & J. KELLER: *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*, Utah State University, Logan, Utah, USA, 1978.
- MERRIAM, J. L.; M. SHEARER & M. BURT: *Evaluating irrigation systems and practices, en Design and operation of farm irrigation systems*, pp. 721-760, M. E. Jensen, ASAE monograph nº 3. USA, 1980.
- PIZARRO, F.: *Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF): gotero, microaspersión, exudación*, 300pp., Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España, 1987.



**Instituto de Investigaciones
de Ingeniería Agrícola**



DATOS DE LOCALIZACIÓN DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA AGRÍCOLA (IAgric)

Sede Boyeros:

Dirección General y Económica. Dirección: Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: IAgricdireccion@minag.cu; direccion.general@iagric.cu Teléfonos: (53) (7) 645-1731; 645-1353.

Sede Arroyo Naranjo:

Direcciones Científica y de Desarrollo Institucional, Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial. Dirección: Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27, Municipio Arroyo Naranjo, Apartado Postal 6090, Habana 6, Cuba. E-mail: iagric@iagric.cu; teresa@iagric.cu Teléfonos: (53) (7) 691 2533/ 691 2665 Telefax: (53) (7) 691 7595/ 691 1038.