



Efecto del riego deficitario aplicado en etapa inicial del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un suelo franco

Effect of deficit irrigation applied in the initial stage of cucumber cultivation (*Cucumis sativus*) in a loamy soil

Rubén Darío Rivera Fernández^{1*}, Marcos Raúl Heredia Pinos¹, Juan Ramón Moreira Saltos¹, Jorge Andres Apolo Bosquez², Oscar Caicedo Camposano³, Rodrigo Paúl Cabrera Verdezoto⁴

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Carrera Ingeniería Agropecuaria, C.P. 130301 Av. Eloy Alfaro, Chone, Ecuador

²Instituto Superior Tecnológico "Ciudad de Valencia", Carrera Tecnología Superior en Producción Agrícola. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

³Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

⁴Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria e Ingeniería Ambiental

*Correspondencia: ruben.rivera@uleam.edu.ec

Rec.: 10.03.2021 Acept.: 01.06.2021

Publicado el 30 de junio de 2021

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la aplicación del riego deficitario en la etapa inicial del cultivo de pepino. El experimento se llevó a cabo en suelo franco. Como material experimental se utilizó el híbrido Humocaró. El riego se lo realizó por goteo en intervalos de dos días. Se estudió cuatro láminas de riego: 100%, 90%, 80% y 70% de la Etc aplicado en la etapa inicial del cultivo. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro réplicas. Se midieron variables referentes al riego (consumo de agua y el uso eficiente del agua) vegetativas (altura de planta, número de guía y hojas) y de producción (número de frutos por planta, características del fruto y rendimiento). Los resultados mostraron el considerable ahorro de agua y el uso eficiente de la misma, con la aplicación del riego deficitario. Tanto las variables vegetativas y de producción no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$) por la aplicación del riego deficitario. Los datos sugieren que la reducción del 20% de la lámina es donde se produce el mejor rendimiento y mayor eficiencia del uso del agua. No se encontró evidencia que demuestre que la aplicación del riego deficitario en la etapa inicial del pepino afecte al normal desarrollo y producción.

Palabras clave: riego deficitario, unidades por hectárea, uso eficiente del agua, consumo del agua.

Abstract

The research aimed to evaluate the application of deficit irrigation in the initial stage of cucumber cultivation. The experiment was carried out on loamy soil. The Humocaró hybrid was used as experimental material. Irrigation was done by drip at two-day intervals. Four irrigation sheets were studied: 100%, 90%, 80% and 70% of the Etc applied in the initial stage of the crop. The treatments were established in a completely randomized block design with four replications. Variables related to irrigation (water consumption and efficient use of water) vegetative (plant height, number of guide and leaves) and production (number of fruits per plant, fruit characteristics and yield) were measured. The results showed show the considerable saving of water and the efficient use of it, water with the application of deficit irrigation. Both the vegetative and production variables did not present a significant difference ($p > 0.05$) due to the application of deficit irrigation. The data suggests that the 20% reduction of the sheet is where the best performance and highest water use efficiency occurs. No evidence was found to show that the application of deficit irrigation in the initial stage of cucumber affects normal development and production.

Keywords: Deficit irrigation, units per hectare, water efficiency, water consumption.

Introducción

La producción agrícola actual tiene como reto el uso eficiente del agua mediante diferentes técnicas que aseguren un manejo racional de los recursos hídricos. El uso del riego deficitario ha sido ampliamente estudiado con resultados que indican su aplicabilidad tanto en cereales (Fuat, 2016; Mustafa *et al.*, 2017) como en hortalizas (Serna y Zegbe, 2012; Nangare *et al.*, 2016). El riego deficitario tiene como finalidad el ahorro de agua sin disminuir la producción o calidad de los frutos (Serna *et al.*, 2008; Serna *et al.*, 2011). Costa *et al.* (2007) y Favati *et al.* (2009), indican que la técnica más adecuada en áreas donde existe déficit hídrico, es el riego deficitario. Zegbe *et al.* (2003), indican que el riego deficitario hace posible la producción agrícola con una menor lámina de la requerida por el cultivo.

El pepino es uno de las hortalizas más cultivadas en el mundo (Amer *et al.*, 2009) y el requerimiento de agua es mayor que en los cereales (Li & Wang, 2000; Mao *et al.*, 2003). Además, el umbral de índice de estrés hídrico es de inferior a otros cultivos (Şimşek *et al.*, 2005), lo cual es fundamental al momento de realizar el riego deficitario. Es posible que este factor ha sido determinante para no tener resultados que demuestren que en el cultivo de pepino pueda reducir la lámina de riego. Aunque, Janoudi *et al.* (1993), indican que el pepino es capaz de recuperarse rápidamente de un déficit hídrico leve sin efectos adversos aparentes de largo plazo. Sin embargo, debe considerarse que cuando el déficit hídrico ocurre lentamente las plantas deben adaptarse lo cual tiene efectos sobre el cultivo (Potters *et al.*, 2007; Shao *et al.*, 2008).

En referencia a investigaciones sobre la aplicación del riego deficitario en el cultivo de pepino, Tüzel *et al.* (2009), señala que los mayores rendimientos del pepino se lograron al aplicar el 100% de la lámina requerida, aunque el uso eficiente del agua fue menor que en los demás tratamientos coincidiendo con Amer *et al.* (2009), encontraron que el pepino responde mejor al aplicar la lámina de riego completa, además, observaron que con el excedente de riego no se aumenta el rendimiento. Mao *et al.* (2003), al estudiar el riego deficitario encontraron que los tratamientos de menor rendimiento se obtuvieron con la aplicación mínima de agua principalmente si la realiza en la etapa de fructificación, aunque con el aumento de la lámina de riego disminuye el uso eficiente del agua. Şimşek *et al.* (2005), al realizar un estudio de cuatro láminas de riego 50 -75-100-125% de la lámina de riego con una frecuencia de riego de tres días encontraron que al 100% de lámina mostró los mejores rendimientos y que la producción del fruto y se redujo notablemente con una lámina menor.

Ante la necesidad de estudiar la respuesta del cultivo de pepino al riego deficitario a diferencia de otras hortalizas como el *Capsicum annuum* (Rivera *et al.*, 2020), sugieren que se debe profundizar la investigación considerando otras variables, por lo tanto, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar la aplicación del riego deficitario en la etapa inicial del cultivo de pepino en un suelo franco.

Materiales y métodos

Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Bachillero del cantón Tosagua-Manabí-Ecuador. La zona de estudio presenta un clima tropical subhúmedo seco, con precipitaciones con un promedio anual entre 800 y 900 mm concentrado en los meses de enero-abril. Una temperatura media de 25°C y una altitud de 45 ms.n.m. El relieve se caracteriza por valles con pequeñas elevaciones a su alrededor.

Suelo

El material de origen es sedimento cuaternario de formación Onzole. La característica del suelo es Feozem flúvico y cámbico. Topografía circundante suavemente ondulada. Se realizó un muestreo hasta 80 cm de profundidad (profundidad explorada por las raíces de *C. sativus*, donde se encontró dos horizontes. El primero con una profundidad de 0-30 cm y el segundo de 30 a 80 cm. A los cuales se realizó el análisis de textura por el método de la Pipeta. El primer horizonte: arcilla 20.8%; limo 41.6%; arena 37.6% (clase textural franca) y el segundo horizonte: arcilla 20.8%; limo 36.8%; arena 42.4% (clase textural franca).

Material experimental

Se utilizó como material experimental plantas de *C. sativus* L. (Solanaceae), híbrido Humocaró, sembrado a un distanciamiento de 1 m entre hilera y 0.5 m entre planta.

Diseño experimental

Los tratamientos fueron las láminas de riego, las mismas que fueron establecidas con la reducción de la evapotranspiración del cultivo (Etc) y aplicada únicamente en la etapa inicial (20 días ddt) de *C. sativus*, teniendo las siguientes: 70%, 80%, 90% y 100% (control) de la Etc. Se distribuyeron los tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro réplicas.

Riego

El riego se lo aplicó por goteo para ello se utilizó un gotero de un caudal de 3.8 L/h ubicado en una manguera

de 16 mm de diámetro nominal, a una distancia de 0.5 m entre gotero. Los riegos se efectuaron cada dos días. Para del control de riego en cada línea de goteo en las unidades experimentales se colocó una válvula de control.

El cálculo de la Eto (evapotranspiración potencial) se realizó mediante la metodología del Tanque evaporímetro Tipo A, donde:

$$Eto = Ev * Kp \quad (1)$$

Eto= evapotranspiración de referencia (tomada del Tanque tipo A) (mm/día)

Ev= Lectura diaria tomada del Tanque Tipo A (mm/día)

Kp= coeficiente de corrección del tanque (en este caso se consideró un valor de 0.75 de acuerdo con el manual de la FAO).

El cálculo de los parámetros de riego se lo realizó mediante las siguientes ecuaciones:

El volumen total de riego:

$$Vt = \frac{Va}{Ef} \quad (2)$$

Donde,

Vt= volumen total de riego (litros día planta)

Va= volumen de aplicación (litros día planta)

Ef= eficiencia de riego (en este caso se consideró 90%)

El volumen de aplicación (Va)

$$Va = Etc * Eh * Ep \quad (3)$$

Donde,

Etc=Evapotranspiración del cultivo

Eh= Espaciamiento entre hilera (1.0 metro)

Ep=Espaciamiento entre planta (0.5 metros)

Evapotranspiración del cultivo

$$Etc = Eto * Kc * FC \quad (4)$$

Donde,

Eto= evapotranspiración de referencia tomada del Tanque Tipo A (mm/día)

Kc= coeficiente del cultivo (Cuadro 1)

FC= factor de cobertura (en este caso de consideró 0.75)

El tiempo de riego fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Vt * Fr}{q * ng} \quad (5)$$

Donde,

Vt= volumen total (litros por planta diario)

Fr=frecuencia de riego (días)

q= caudal del gotero (L/h)

ng= número de goteros por planta (un gotero por planta)

Cuadro 1. Valores del Kc y los días de las etapas del cultivo

Kc			Días de las etapas del cultivo		
Inicial	Medio	Final	Inicial	Desarrollo	Medio
0.6	1.0	0.75	20	30	40

Manejo del cultivo

La germinación se la realizó en almacigo y como sustrato turba. A los 10 días después de la germinación. Al momento que las guías principales alcanzaron 30 cm, se procedió a realizar el tutorado. El control de plagas se lo realizó en función a la presencia de insectos plagas por lo cual se realizó monitoreo dos veces por semana. Se realizó control preventivo de enfermedades fungosas. La nutrición del cultivo fue a base de fertilizantes sintético a base de nitrógeno, fosforo y potasio. La cantidad por planta se establecieron en función del requerimiento del cultivo.

Variables analizadas

Riego: Se midió el consumo de agua en L/planta/día la misma que fue la suma de todas las aplicaciones de agua realizadas en el cultivo. Además, se evaluó el uso eficiente del agua representada como las unidades cosechas de *C. sativus* por metro cubico de agua aplicada (unidades/m³).

Vegetativa: En esta variable se tuvo a la altura de la planta (cm) evaluada a los 20 y 40 días después del trasplante (ddt), numero de guías/planta (20 ddt) y numero de hojas (20 ddt).

Producción: Se consideró en la producción a las siguientes variables: número de frutos por planta, longitud de fruto (cm), diámetro del fruto (cm) y el rendimiento en unidades/ha tomado como la suma de las cosechas realizadas durante dos semanas.

Análisis estadístico: Las variables vegetativas y productivas se analizaron mediante análisis de varianza y la separación de medias por Tukey al 0.05. Además, se realizó el ajuste de tendencia por regresión en las variables consumo de agua y uso eficiente del agua; y entre los tratamientos y el rendimiento.

Resultados y discusión

Riego

Al reducir la lámina en la etapa inicial del cultivo esta afecta al consumo total, pudiendo llegar a ahorrarse hasta 6.6 L/p (T4) en 50 días de cultivo que según las cantidades de plantas y tiempo del cultivo es significativo. En este caso en una hectárea es posible disminuir 132 m³/ha. En zonas donde existe escasez de agua sería una cantidad importante de ahorro. Aunque en la zona del estudio muchas veces es más costoso el transporte que el valor del agua. Con los datos que se presentan en el Cuadro 2, se tiene una proyección del consumo de agua del cultivo *C. sativus* y el productor puede programar las necesidades de agua y costos del mismo.

Cuadro 2.- Promedios del volumen de agua (L/planta) consumidos en el cultivo de *C. sativus*

Tratamientos	Inicial	Desarrollo	Total
T1 (100%)	22.0	29.7	51.7
T2 (90%)	19.8	29.7	49.5
T3 (80%)	17.6	29.7	47.3
T4 (70%)	15.4	29.7	45.1

Cuadro 3. Valores de consumo y uso eficiente del agua

Tratamiento	Consumo de agua (m ³ /ha)	Uso eficiente del agua (unidades/m ³)
T1 (100%)	1034	141.0
T2 (90%)	990	142.5
T3 (80%)	946	141.5
T4 (70%)	902	134.5

El Uso Eficiente del Agua (UEA) está determinado por el consumo de agua y el rendimiento, en la figura 1, se puede observar un comportamiento no lineal en ambas variables donde el momento que se interceptan el rendimiento y el UEA es en T3 sugiriendo el punto óptimo donde la reducción de la lámina no afecta al rendimiento y con la mayor eficiencia de uso del agua. Tüzel *et al.* (2009), no lograron coincidir los mayores rendimientos y el uso eficiente del agua. El que se

muestra tolerancia del *C. sativus* al riego deficitario implica obtener un mejor uso eficiente tal como ocurre en otras especies hortícolas (Rivera *et al.*, 2020).

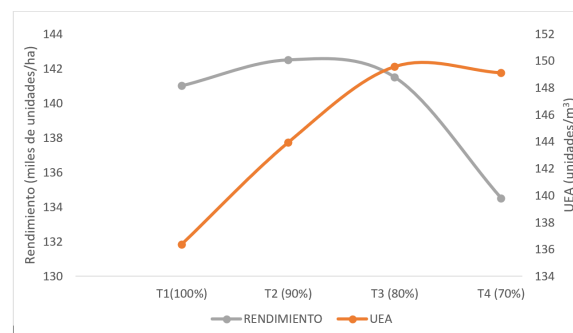


Figura 1. Relación entre el rendimiento y el uso eficiente del agua.

Vegetativas

Las variables vegetativas no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) sugiriendo que la reducción de la lámina en la etapa inicial del cultivo de *C. sativus* no afecta el normal desarrollo en posteriores etapas del cultivo. La altura de la planta en promedio a los 20 días estuvo alrededor de los 40 cm y entre 115 y 121 cm a los 40 días. Es necesario mencionar que el cultivo puede lograr mayores alturas dependiendo de la edad y la altura del tutor.

Cuadro 4. Valores promedios de la altura de planta (cm) del cultivo de *C. sativus* con un régimen de riego deficitario en la etapa inicial

Tratamiento	Días	
	20	40
T1 (100%)	39.6	115
T2 (90%)	40.0	116
T3 (80%)	40.8	120
T4 (70%)	39.4	121
Probabilidad	0.6	0.5
Error estándar	0.87	4.34

El número de hojas y guías son indicadores de interés para el cultivo por lo que su afectación provocaría respuestas negativas al cultivo. En ambas variables se pudo tener condiciones similares en todos los tratamientos. El número de hojas estuvo entre seis y ocho y las guías entre uno y tres.

Cuadro 5.- Variables relacionadas con el número de hojas, números de guías del *C. sativus* con un régimen de riego deficitario en la etapa inicial

Tratamiento	Nº de Hojas	Nº Guías
T1 (100%)	6.75	2.19
T2 (90%)	7.25	1.88
T3 (80%)	7.38	2.15
T4 (70%)	7.06	2.25
Probabilidad	0.14	0.5
Error estándar	0.18	0.2

Datos tomados a los 20 ddt.

Productivas

En el Cuadro 6, se muestran los valores promedios de las variables relacionados con la producción, las mismas que no presenta influencia por la aplicación del riego deficitario dado que no se encontró diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en cada parámetro evaluado. El número de frutos por planta estuvo entre 5 y 9 con un promedio de alrededor de 7 frutos/p. La longitud y diámetro del fruto presento leves diferencias numéricas con promedios de alrededor de 25 y 5 cm respectivamente. El rendimiento, aunque con diferencias numéricas, no presentan significancia estadística ($p > 0.05$). El T2 es quien presenta el mayor promedio con 142 500 unidades/ha, mientras que con 134 500 unidades/ha el menor promedio fue conseguido por el T4. Se debe dejar en claro que la forma de comercialización en el mercado local del *C. sativus*, es en unidades.

El *C. sativus* al ser de los cultivos más exigentes en requerimientos hídricos (Li & Wang, 2000; Mao *et.*, 2003) su déficit o estrés hídrico afecta directamente a la producción. Amer *et.* (2009) y Xuesen *et.* (2003), mencionan que los mayores rendimientos del pepino se obtuvieron con la aplicación del total de agua requerida. La diferencia podría radicar que estos autores aplicación el riego deficitario durante todo el ciclo del cultivo y no en una etapa del mismo. Por otro lado, es posible que el intervalo de reducción no permit observar el efecto del riego deficitario. Zamora *et.* (2014), al medir laminas en intervalos de 100%, 75%, 50% y 25%, encontraron que la reposición total (100%) permite la mayor producción.

Cuadro 6.- Variables productivas del cultivo de *C. sativus* bajo el riego deficitario en la etapa inicial.

Tratamientos	Fruto/planta	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Rendimiento (unidad/hectárea)
T1 (100%)	7.05	25.0	4.9	141 000
T2 (90%)	7.13	24.5	5.13	142 500
T3 (80%)	7.08	25.5	5.13	141 500
T4 (70%)	6.73	23.5	5.05	134 500
Probabilidad	0.6	0.6	0.8	0.5
Error Estándar	0.22	1.2	0.13	4483

Conclusiones

El poder lograr una producción agrícola con una menor cantidad de agua que la requerida es fundamental para zonas de escasez. El cultivo de *C. sativus* a pesar de ser exigente en requerimientos hídricos puede desarrollarse y producir bajo un sistema de riego deficitario. En la etapa inicial del cultivo es posible reducir hasta un 30% la lámina, sin embargo, se recomienda como una reducción optima 20% donde se logra un alto rendimiento y es más eficiente el uso del agua.

Literatura citada

- Amer, H., Sally, A. & Hatfield, J. L., 2009. [En línea] Available at: <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpud/1349>
- Costa, J., Ortuño, M. & Chaves, M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potencial application to horticulture. *J. Integr. Plant Biol.* 49:1421-1434.
- Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Tommaso, T., & Candido, V. 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Sci. Hortic* 122: 562-571.
- Fuat, A. 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality and water use efficiencies of wheat under semi-arid conditions.. *Agricultural Water Management* 167: 1-10.
- Janoudi, A., Widders, I. & Flore, J., 1993. Water deficit and environmental factors affect photosynthesis in leaves of Cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 188(3): 366-370.
- Li, J. & Wang, X., 2000. The present studying situation and existing problems of water-saving irrigation index for vegetable. (In Chinese). *Agric. Res. Arid Areas.* 18: 118-123.
- Mao, X. Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z., & Shi, J,

2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 61(3): 219-228.
- Mustafa, S., Vanuytrecbt, E. & Huysmans, M., 2017. Combined deficit irrigation and soil fertility management on different soil textures to improve wheat yield in drought-prone Bangladesh. *Agricultural Water Management* 191: 124-137.
- Nangare, D., Yogeshwar, S., Kumar, S. & Minhas, P., 2016. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management* 171: 73-79.
- Potters, G. y otros, 2007. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble?. *Trands Plant Sci* 12(3): 99-105.
- Rivera, R., Moreira, J., Moreira, C. & Cevallos, J., 2020. Respuesta del cultivo de *Capsicum annuum* L. al riego deficitario etapa inicial y desarrollo. *Revista ESPAMCIENCIA* 11(2): 88-94.
- Serna, A. & Zegbe, J., 2012. Rendimiento, calidad de fruto y eficiencia en el uso del agua del chile Marisol bajo riego deficitario. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(5): 53-56.
- Serna, A., Zegbe, J. & Mena, C., 2011. Rendimiento y calidad de chile seco 'Mirasol' cultivado bajo riego parcial de la raíz. *Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura* 17(Número Especial 1): 19-24.
- Serna, A., Zegbe, J., Mena, S. & Rubio, D., 2008. Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco cv. 'Mirasol'. *Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura* 31(Número especial 3): 1-4.
- Shao, H., Chu, L., Jaleel, C. & Zhao, C., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biol* 331: 215-225.
- Şimşek, M. y otros, 2005. The effects of different irrigation regimes on Cucumber (*Cucumis satovus* L.) yield and yield characteristics under open field conditions. *Agricultural Water Management* 73: 240-252.
- Tüzel, I. y otros, 2009. Response of cucumber to deficit irrigation. *Acta Horticulturae*. doi:doi:10.17660/ActaHortic.2009.807.34 .
- Xuesen, M. y otros, 2003. Effects of deficit irrigation on yield and wáter use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 61(3): 219-228.
- Zamora, M., Peña, R. & Verdecía, M., 2014. Respuesta del pepino a un manejo variable del riego. *Centro Agrícola* 41(1): 5-11.
- Zegbe, J., Behboudian, M., Lang, A. & Clothier, B., 2003. Deficit irrigation and partial root zone drying maintain fruit dry mass and enhancefruit quality in 'Petopride' processing tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). *Sci. Hortic* 98: 505-510.