

Automatización del riego empleando sensores de humedad de suelo en cultivos hortícolas en invernadero: aspectos agronómicos

R. Baeza, F. Alonso y J.I. Contreras

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)
Centro La Mojonera, Camino San Nicolás nº 1
rafaelj.baeza@juntadeandalucia.es

Resumen

Los cultivos hortícolas en invernadero se caracterizan por presentar una alta eficiencia y productividad del agua de riego. No obstante todavía existe un margen de mejora que es necesario explotar, especialmente en aquellas zonas que presentan escasez de recursos hídricos. Hoy en día existen tecnologías que permiten ajustar la frecuencia de riego, maximizando la eficiencia y productividad del agua. El objetivo de este trabajo ha sido determinar el efecto de diferentes niveles de potencial matricial del suelo sobre la bioproductividad de un cultivo de calabacín. El ensayo fue desarrollado en un invernadero experimental de calabacín que disponía de suelo enarenado y fertirrigación. Se ha automatizado la activación del riego empleando tensiómetros electrónicos. Se establecieron tres tratamientos de riego basados en el potencial matricial del suelo, T1: activación del riego a -10 kPa y dotación de 1,5 L m⁻², T2: activación del riego a -25 kPa y dotación de 2,0 L m⁻² y T3: activación del riego a -40 kPa y dotación de 3,0 L m⁻². Se determinaron la cosecha, el área foliar, la biomasa, el volumen de agua aplicado y el volumen de drenaje. Los resultados muestran que el calabacín regado a -10 kPa produjo la mayor producción comercial y el mayor desarrollo vegetativo en términos de área foliar y biomasa. Sin embargo, también fue el tratamiento que presentó el mayor consumo de agua. T2 (-25 kPa) redujo el tamaño de los frutos, pero no el número de los mismos, obteniendo un mayor. Con la consigna de -40 kPa se redujo el peso y el número de frutos. El consumo de agua se vio incrementado de manera sustancial al aumentar la tensión matricial de trabajo, como consecuencia de las diferencias observadas en el desarrollo vegetativo de las plantas.

Palabras clave: tensiómetros electrónicos, consigna de activación, calabacín, producción, biomasa

Automation of irrigation using soil moisture sensors in greenhouse vegetable crops: agronomical effect

Abstract

Greenhouse horticultural crops are characterized by high levels of efficiency and productivity of irrigation water. But still can and must be improved, especially in arid areas. Currently, there are technologies that adjust the frequency of irrigation to crop needs, maximizing efficiency and productivity of water. The objective of this research was to study the effect of soil matric potential level on the bio-productivity of zucchini crop. An experiment was conducted in greenhouse-grown zucchini on a sand-mulched

soil and fertigation with inorganic fertilizer. Automatic activation of irrigation through of electronic tensiometer and three treatments were applied based on soil matric potential, T1: activation of irrigation to -10 kPa and provision of 1.5 L m^{-2} , T2: activation of irrigation to -25 kPa and provision of 2.0 L m^{-2} and T3: activation of irrigation to -40 kPa provision of 3.0 L m^{-2} . Yield, leaf area, biomass, total volume of water applied and drainage volume were determined. The results show that zucchini irrigated of -10 kPa had commercial yield, greater leaf area and biomass but also a higher consumption of water. T2 (-25 kPa) reduces the size of the fruit with respect to T1, but not the number of fruit, obtaining a significant higher consumption of water. With a level of -40 kPa less number of fruits and lower fruit weight were obtained. Water consumption increased substantially because of enlarged soil moisture tension level as a result of the differences in vegetative growth (leaf area and biomass) in plants.

Keywords: electronic tensiometer, activation level, zucchini, yield, biomass

Justificación

Los cultivos hortícolas en invernadero se caracterizan por presentar una alta productividad del agua de riego (Consejería de Agricultura y Pesca, 2011). Ahora bien, las principales áreas de desarrollo se encuentran en zonas con recursos hídricos limitados que, en algunos casos, además muestran niveles relativamente importantes de percolación de agua hacia sistemas acuíferos superficiales, provocando efectos indeseables como la contaminación por nitratos (Thompson et al. 2007; Pulido Bosh, 2005). En este contexto, una tecnología de manejo del riego que, sin afectar a la producción, reduzca las pérdidas de agua por percolación permitirá maximizar la eficiencia en el uso y productividad del agua y con ello la fertirrigación proporcional, minimizando los efectos indeseables de aplicaciones excesivas. Un elevado porcentaje de las explotaciones de cultivos hortícolas en invernadero cuenta con autómatas programadores de riego que permiten al agricultor un mayor control del mismo (Baeza et al. 2007). Esta tecnología existente posibilita la opción de emplear sensores como activadores del riego. La viabilidad del uso de sensores para activar el riego depende principalmente de las consignas que se establezcan previamente. En este artículo se muestran los resultados obtenidos en un invernadero experimental del Centro IFAPA La Mojonera en el que se ha automatizado la activación del riego en un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L.) empleando tensiómetros electrónicos. El objetivo del trabajo ha sido determinar el efecto de diferentes consignas de activación del riego sobre la bioproductividad del cultivo de calabacín.

Material y Métodos

El ensayo se ha desarrollado en un invernadero de tipo “raspa y amagado” situado en el Centro IFAPA La Mojonera (Almería), construido sobre un suelo enarenado artificial, característico de los cultivos hortícolas intensivos del sureste peninsular (Contreras et al. 2014). El material vegetal implantado fue un cultivo de calabacín (*Cucurbita pepo* L.var. Casiopee). El trasplante se realizó el 13 de enero de 2015 con un marco de plantación de 1 planta m^{-2} y el ciclo finalizó el 1 de junio de 2015. El riego se aplicó mediante un sistema de riego localizado con emisores autocompensantes y antidrenantes de 3 L h^{-1} y un marco de riego de $2 \text{ emisores m}^{-2}$. El invernadero cuenta con 12 lisímetros de drenaje de 1 m^{-2} de superficie, instalados a 50 cm de profundidad, descontando la capa superficial de arena. Para analizar el efecto de distintas consignas de riego sobre la bioproductividad del cultivo se estableció un diseño en bloques al azar con tres bloques y tres tratamientos. Al tratamiento T1 se le asignó una consigna de potencial

matricial de suelo de -10 kPa y $1,5 \text{ L m}^{-2}$ por pulso de riego, al T2 una consigna de -25 kPa y 2 L m^{-2} y al T3 una consigna de -40 kPa y 3 L m^{-2} . La dotación de riego se estableció considerando la curva de retención de la humedad del suelo. En cada tratamiento se instalaron cuatro tensiómetros electrónicos (Irrometer Co, inc. Riverside, CA, USA) instalados a 15 cm de profundidad y a 20 cm de distancia a la planta y al gotero. Todos los tensiómetros estaban acoplados a un transductor electrónico que transfería los datos a un equipo de control (Sistema Red Himarcan®). Cada tratamiento de riego era activado con un único tensiómetro electrónico. El resto se empleaban para registrar medidas del potencial matricial del suelo. Se realizaron determinaciones del potencial matricial del suelo (kPa), de la producción comercial y el destrío (kg m^{-2}), así como del volumen de agua aplicado y volumen de drenaje (L m^{-2}), el área foliar (cm^2) y la biomasa de la parte aérea de la planta y el fruto (g m^{-2}). Los datos se sometieron a un análisis de la varianza para identificar el efecto de los tratamientos estudiados. Cuando el análisis estadístico reveló diferencias significativas entre tratamientos se aplicó un test de comparación de medias (LSD; mínima diferencia significativa) con $p \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Producción

Los tratamientos tuvieron un claro efecto sobre la producción (Tabla 1). Los resultados muestran un efecto gradual en función del potencial matricial del suelo, de manera que cuanto menor fue la tensión matricial del suelo menor fue la producción. El tratamiento que activaba el riego a -40 kPa (T3) redujo la producción en un 23% con respecto al que activaba el riego a -10 kPa (T1) y en un 14% con respecto al que activaba el riego a -25 kPa (T2). Las diferencias entre los tratamientos T1 y T2 fueron del 10% (Tabla 1). El número de frutos comerciales fue similar en los tratamientos T1 y T2, sin embargo, el T3 presentó un número significativamente menor (Tabla 1). De estos resultados se deriva que las diferencias entre T1 y T2 en producción se deben principalmente a un menor tamaño de los frutos del T2. El destrío fue similar en todos los tratamientos y estuvo en torno al 12% (Tabla 1).

Volumen de agua aplicado, área foliar y biomasa

Los tratamientos han presentado consumos de agua muy diferentes entre sí (Tabla 2). El T3 ha recibido la menor cantidad de agua, 272 L m^{-2} . En el otro extremo está el T1 que ha recibido un 46% más que el T3. Por su parte, el tratamiento T2 con la consigna intermedia ha generado un consumo de agua de 315 L m^{-2} , un 16% más respecto al T3 (Tabla 2). La causa principal de estas diferencias está en el desigual desarrollo vegetativo. Los resultados muestran que cuanto menor fue la tensión matricial de trabajo menor fue el desarrollo vegetativo de las plantas. Esto se observó tanto en el área foliar como en la biomasa (Tabla 2). A medida que el cultivo fue desarrollándose se fueron diferenciando los valores de ETc como consecuencia de una disminución del coeficiente de cultivo en los tratamientos de menor tensión matricial. Previo al trasplante y al finalizar el cultivo se realizaron dos riegos de hidratación hasta superar el punto de saturación del suelo recogiendo un volumen significativo de drenaje en todos los lisímetros. Sin embargo, durante la campaña de cultivo no se produjo drenaje en ninguno de los tratamientos.

Conclusiones

Los resultados muestran que la consigna de riego de -10 kPa produjo la mayor producción comercial y el mayor desarrollo vegetativo en términos de área foliar y biomasa. Sin

embargo, también fue el tratamiento que presentó el mayor consumo de agua. El tratamiento T2 (-25 kPa) obtuvo una producción un 10% inferior al T1 debido a un menor tamaño de los frutos y el consumo de agua fue un 19% inferior respecto al mismo tratamiento. Con la consigna de -40 kPa la producción se vio sustancialmente reducida tanto en peso como en número de frutos. El consumo de agua fue mayor conforme disminuía la tensión matricial de trabajo debido a las diferencias observadas en el desarrollo vegetativo de las plantas. En las condiciones de desarrollo del ensayo, la tensión matricial del suelo de -25 kPa es la que arroja mejores resultados en cuanto a eficiencia en el uso del agua.

Bibliografía

- Baeza, R., Fernández, M., García, M.C., Gavilán, P. 2007. Gestión del agua de riego en cultivos hortícolas bajo abrigo. Análisis del asesoramiento técnico a regantes en la provincia de Almería. XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp 787-794.
- Consejería de Agricultura y Pesca. 2011. Agenda del Regadío Andaluz. Horizonte 2015. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Contreras, J.I., Martín, F., Zapata, A.J., López, J.G., Baeza, R. 2014. Caracterización de suelos enarenados para la producción de pimiento en invernadero en la comarca del Campo de Dalías (Almería). XXXII Congreso Nacional de Riegos. Madrid 10-12 de junio de 2014.
- Pulido-Bosh, A., 2005. Recarga en la Sierra de Gádor e hidrogeoquímica de los acuíferos del Campo de Dalías. Estación experimental Cajamar.
- Thompson R.B., Martínez-Gaitan C., Gallardo M., Giménez C., Fernández M.D. 2007. Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. *Agricultural Water Management* 89(3): 261-274.

Tabla 1. *Producción comercial y destrío*

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN COMERCIAL		DESTRÍO		TOTAL
	Número de frutos	Kg m ⁻²	Número de frutos	Kg m ⁻²	Kg m ⁻²
T1	51,2a	16,6a	17,18a	2,26a	18,9a
T2	47,9ab	14,9b	18,31a	2,02b	16,9b
T3	43,0b	12,8c	19,74a	1,99b	14,8c

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas con una $p \leq 0.05$

Tabla 2. *Volumen de agua aplicado, área foliar, biomasa y eficiencia en el uso del agua (expresada en kg de fruto comercial por m³ de agua aplicado)*

Tratamiento	Volumen de agua aplicado (L m ⁻²)	Área foliar (cm ²)	Biomasa total (g m ⁻²)	Porcentaje de biomasa total destinada a fruto (%)	Eficiencia en el uso del agua (Kg m ⁻³)
T1	390	59910a	1402a	66a	42,6 b
T2	315	46924b	1211b	65a	47,3 a
T3	272	32554c	1054c	67a	47,1 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas con una $p \leq 0.05$