

estación experimental



EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO DE PEPINO BAJO INVERNADERO.

GIL PÉREZ, RAMÓN
FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, M. D.
GONZÁLEZ CÉSPEDES, A. M.
BONACHELA CASTAÑO, SANTIAGO
IGLESIAS SEGOVIA, EUGENIO

XXI Congreso Nacional de Riegos.
Merida, 6 al 8 de mayo de 2003.

Resumen. Pág. 33-34

EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO DE PEPINO BAJO INVERNADERO.

Gil Pérez R.¹, Fernández Fernández M^a D.² (P), González Céspedes A. M^a ³, Bonachela Castaño S.⁵, Iglesias Segovia E.⁴

RESUMEN

En los últimos años se ha tendido a aumentar la frecuencia de riego en los cultivos bajo plástico en Almería a raíz de la introducción de los cultivos sin suelo y los equipos automáticos de riego. Sin embargo no existe información contrastada sobre la frecuencia de riego óptima de los cultivos bajo invernadero y suelo enarenado desde consideraciones productivas y ambientales.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) determinar la respuesta bioproductiva y 2) estudiar el crecimiento y desarrollo de la parte aérea de un cultivo de pepino bajo invernadero y suelo enarenado en ciclo de otoño bajo distintas frecuencias de riego. Para ello se aplicaron dos tratamientos de riego; Riego de Baja Frecuencia (RBF) y Riego de Alta Frecuencia (RAF) donde el riego se aplicó cuando la tensión matricial del suelo se encontraba entre 40-45 kPa y entre 10-15 kPa, respectivamente.

La frecuencia de riego afectó al crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta. La aplicación de riegos frecuentes provocó un mayor crecimiento vegetativo, que se tradujo en un mayor índice de área foliar, debido a un mayor tamaño de las hojas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la producción de materia seca total, producción total y comercial, así como en la calidad de la cosecha. A pesar de no haber diferencias significativas entre frecuencias de riego, la productividad total y comercial fue ligeramente menor en el cultivo con RAF. Esta pequeña reducción de la productividad puede explicarse por las diferencias encontradas en el reparto de la materia seca aérea. Otra posible hipótesis que podría explicar las pequeñas diferencias productivas encontradas son los valores de Ψ_m en torno a 10 kPa del cultivo con RAF, valores próximos a condiciones saturadas, que pueden reducir el oxígeno en el suelo y provocar condiciones anaerobias.

1

ABSTRACT

Effect of the irrigation frequency on growth and productivity of a cucumber crop under greenhouse.

¹ Becario de Cajamar (Caja Rural Intermediterránea). Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas". Autovía del Mediterráneo, km 416,7. 04710 El Ejido (Almería).

² Dra. Ingeniero Agrónomo. Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas". E-mail: laspalmerillas@cajamar.es. www.laspalmerillas.cajamar.es

³ Ingeniero Agrónomo. Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas".

⁴ Ingeniero Técnico Agrícola. Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas".

⁵ Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de la Universidad de Almería, Departamento de Producción Vegetal. La Cañada de San Urbano s/n. Almería.

In recent years, there has been a tendency to increase the frequency of irrigation in Almería's plastic greenhouses, due to the introduction of soil-less crop systems and automatic irrigation. However, there is not information about the optimal irrigation frequency of greenhouse crops on sand-mulch soils in terms of production and environmental considerations.

The objectives of this work were: 1) to determine the bio-productive response and 2) to analyze the growth and development of the aerial part of a cucumber crop under plastic greenhouse on sand-mulch soil in an autumn cycle, following different irrigation frequency patterns. Two different patterns were used: low frequency irrigation (RBF) and high frequency irrigation (RAF), with the irrigation taking place when the value of the soil's matricial potential was between 40-45 kPa and 10-15 kPa, respectively,

The irrigation frequency affected the growth and the development of the aerial part of the plants. The high frequency irrigation caused a larger vegetative growth, which reflected in a larger leaf area index due to the bigger sizes of the leaves. However, there were not significant differences in total dry matter production, total and commercial fruit production, and quality of the harvest. Despite the absence of significant differences between irrigation frequencies, the total and commercial productivity was slightly lower for the crop with that followed the RAF system. This little reduction of productivity can be explained by the differences observed in the distribution of the aerial dry matter. Another possible explanation of the little differences in productivity is the value of Ψ_m around 10 kPa in the RAF crop, which is close to saturation and can reduce the level of oxygen in the soil, creating anaerobic conditions.

1. INTRODUCCIÓN

Con la introducción de los cultivos sin suelo con frecuencias de riego muy altas y la disponibilidad de equipos automáticos de riego, ha motivado que numerosos técnicos hayan empezado a intensificar la frecuencia de los riegos en los cultivos bajo plástico en Almería. La mayor frecuencia de riegos puede mejorar las condiciones hídricas y nutritivas de los cultivos y reducir los fotoasimilados destinados al sistema radicular. Por otro lado, la mayor frecuencia de riegos puede reducir la tolerancia del cultivo a condiciones climáticas estresantes.

Existen trabajos contradictorios acerca de los efectos de la frecuencia de riego sobre los cultivos, así Bruce et al. (1980), encontraron diferencias marcadas en el crecimiento y la producción de los vegetales en función de la frecuencia de riego. Mientras que VanDerwerken y Wilcox-Lee (1988) y Tüzel et al. (1994), no encontraron efectos del uso de diferentes frecuencias de riego en la producción del pimiento y tomate.

A pesar de la importancia económica de los cultivos hortícolas en invernadero en el sudeste español, no hay información contrastada sobre su frecuencia de riego óptima desde consideraciones productivas y ambientales. Este es el caso del pepino, cultivo considerado muy exigente en agua por técnicos y agricultores locales, pero sin información experimental o teórica sobre la frecuencia de riego adecuado.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) determinar la respuesta bioproductiva de un cultivo de pepino en ciclo de otoño a distintas frecuencias

de riego y 2) estudiar el crecimiento y desarrollo de la parte aérea de un cultivo de pepino en ciclo de otoño bajo distintas frecuencias de riego.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la campaña agrícola 2001/02 en la Estación Experimental de Cajamar “Las Palmerillas” (Longitud: 2° 43' W; Latitud: 36° 48' N; Altitud: 151 m), situada en el término municipal de El Ejido (Almería).

Se utilizó un invernadero de 22,5 m de ancho y 28 m de largo, tipo “parral” asimétrico formado por dos capillas y con ventilación natural (lateral y cenital). La estructura del invernadero estaba compuesta de tubo galvanizado y alambre. El material de cerramiento utilizado fue una lámina de polietileno tricapa incoloro difuso de 0,2 mm de espesor que fue colocado el 12/02/01. El suelo era un enarenado típico, sobre el suelo original roturado y nivelado se aportó primero una capa de 0,2 m de espesor de tierra de textura franca (tierra de cañada) mezclada con 5 kg m⁻² de estiércol, luego una capa de 0,02 m de estiércol y, finalmente, 0,1 m de arena de playa. En Agosto de 2001 se desinfectó el suelo aplicando 1200 L ha⁻¹ de metam-K con un riego por inundación, posteriormente se aplicó un riego de lavado también por inundación, y el día anterior al trasplante se realizó un riego pre-trasplante de 10 mm. El sistema de riego era por goteo, con ramales portagoteros a 1,5 m y emisores a 0,5 m. Los emisores tenían un caudal unitario de 2 l h⁻¹ a la presión de 1,5 kg cm⁻², con un coeficiente de uniformidad superior al 90 %. El sistema de fertirrigación estaba dotado de una electrobomba, un programador de riego, electroválvulas, un tanque de 5000 l de capacidad donde se realizó la mezcla de abonos y agua de riego y contadores volumétricos mediante los que se determinó la cantidad de agua aplicada en cada riego. El agua de riego utilizada, clasificada como C2S1, tenía un contenido en nitratos y carbonatos inapreciable, un SAR de 0,4, una conductividad eléctrica de 0,4 dS m⁻¹.

El material vegetal utilizado fue pepino tipo Almería cv. Borja (*Cucumis sativus* L.), tolerante al “virus de las venas amarillas del pepino” (CVYV). La siembra se realizó el 06/08/01 en semillero y el trasplante en suelo el 06/09/01: La densidad de plantación fue de 1,33 plantas m⁻², la distancia entre líneas fue de 1,5 m y entre plantas de 0,5 m. La planta se entutoró con hilo de rafia y anillas, sujeto al emparrillado del invernadero. Las plantas se condujeron a un tallo (poda de los brotes axilares) hasta que alcanzaron el emparrillado a finales del mes de noviembre, luego se condujeron con dos tallos secundarios, despuntando el tallo principal. Se eliminaron los frutos del tallo principal hasta una altura de 60 cm.

En los tratamientos fitosanitarios se siguieron las normas de AENOR (Norma UNE 155001-4: 2000), empleándose materias activas autorizadas y respetándose los plazos de seguridad y dosis.

Las dosis de riego se determinaron a partir estimaciones de la evapotranspiración del cultivo de pepino (ETc). La ETc se estimó a partir de datos climáticos en tiempo real de radiación solar y temperatura (Fernández et al., 2001).

Los tratamientos de riego estudiados fueron:

Riego de Baja Frecuencia (RBF): el riego se aplicó cuando los tensiómetros, instalados a 0,12 m por debajo de la arena, alcanzaban valores de tensión matricial entre -40 y -45 kPa.

Riego de Alta Frecuencia (RAF): el riego se aplicó cuando los tensiómetros, instalados a 0,12 m por debajo de la arena, alcanzaban valores de tensión matricial entre -10 y -15 kPa.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. El invernadero estaba dividido por un pasillo central, de dos metros de ancho orientado en sentido este-oeste, que delimitaba dos zonas, norte y sur. Cada zona, a su vez, se dividió en dos bloques. Cada parcela elemental, formada por tres líneas de cultivo (74 m^2 de superficie), estaba separada de las parcelas contiguas por una lámina de polietileno enterrada en el suelo, para evitar movimientos laterales de agua.

Medidas

Se midió la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero con un HOBO (modelo H80-032-08, Onset Computer Corp., USA), localizado en una garita ventilada, a 1,6 m del suelo.

Se midió diariamente el potencial matricial del agua en el suelo (Ψ_m) antes de cada riego. Se instalaron dos tensiómetros (Irrrometer, USA) por parcela, uno a 0,12 m y el otro a 0,27 m de profundidad debajo de la capa de arena, ambos a una distancia de 0,1 m de la planta.

Se caracterizó el crecimiento y desarrollo de la parte aérea del cultivo midiendo los siguientes parámetros: número de hojas, ancho de la hoja, número de entrenudos, longitud del entrenudo. Estas medidas no destructivas se realizaron cada quince días, en un total de 16 plantas, dos plantas por repetición.

El área foliar se estimó a partir de medidas no destructivas del ancho de hoja. Previamente, se tomaron 35 hojas de distintos tamaños y se midió a cada hoja la longitud del nervio principal, el ancho máximo de la hoja y el área foliar con un planímetro electrónico (Delta-T Decives LTD, Cambridge, Inglaterra). El área foliar se correlacionó con los dos parámetros, longitud y ancho, obteniéndose una mejor relación entre el ancho y el área foliar, ajustándose a una curva tipo potencial, con un coeficiente de determinación de 0,99.

Se seleccionaron ocho plantas por parcela, 6 m^2 , donde se hizo un seguimiento a lo largo del ciclo de cultivo de la productividad y de la calidad. Los frutos se separaron en comerciales y no comerciales. Además, también se determinó la materia seca de los frutos comerciales y no comerciales en cada una de las recolecciones, así como la materia seca de hojas y tallos de los destallados. Al final del ciclo se pesaron en fresco todas las plantas sin separar hojas ni tallos, y se obtuvo la materia seca vegetativa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso del agua

La Figura 1 muestra la evolución temporal del potencial matricial del agua en el suelo (Ψ_m), antes de regar, a 0,12 m y 0,27 m de profundidad por debajo de la capa de arena. En el tratamiento RBF, el Ψ_m del agua en el suelo a 0,12 m antes de regar se mantuvo en torno a -40 kPa a lo largo de todo el ciclo (Figura 1a), lo que supuso que el riego se aplícara cada tres días durante la primera fase del cultivo y a partir del mes de noviembre la frecuencia se redujo

a un riego semanal, debido a las bajadas de temperatura y radiación. Mientras que en el tratamiento RAF, el Ψ_m del agua en el suelo en las primeras horas del día antes de regar se mantuvo en torno a -15 kPa (Figura 1a), lo que supuso uno o dos riegos diarios durante la primera fase del cultivo y a partir del mes de noviembre la frecuencia aumentó a tres riegos diarios debido a las necesidades hídricas del cultivo. Lógicamente, como los aportes de agua de riego fueron prácticamente iguales en los dos tratamientos de riego (156 y 144 mm a los tratamientos RAF y RBF, respectivamente), los valores más negativos de Ψ_m del RBF con respecto al RAF, debieron ser causados por la menor frecuencia de riego.

El cultivo con RAF, al mantener durante todo su ciclo valores de Ψ_m superiores a -33 kPa (Figura 1), valor teórico del Ψ_m correspondiente a capacidad de campo (Ritchie et al., 1999), dispuso, en teoría, de agua fácilmente disponible y no debió sufrir déficits hídricos. Mientras que el cultivo con RBF, aunque presentó valores de Ψ_m más variables e inferiores a -33 kPa durante la parte final de cada periodo entre riegos, estos valores fueron superiores (menos negativos) o estuvieron en el límite de los valores recomendados para cultivos hortícolas (Hanson et al., 2000), por lo que tampoco debió sufrir, teóricamente, déficits hídricos significativos durante su ciclo.

Crecimiento y desarrollo de la parte aérea

En los dos tratamientos, el IAF aumentó de forma sigmoideal durante el ciclo de cultivo del pepino, estabilizándose al final del ciclo cuando alcanzó valores de $3,8$ y $4,3$ $m^2 m^{-2}$ para los cultivos bajo RBF y RAF, respectivamente (Figura 2a). En los dos tratamientos, la velocidad de crecimiento del IAF disminuyó drásticamente a partir de los 75 ddt, poco después del inicio del periodo de bajas temperaturas (Figura 2a). Entre tratamientos, el cultivo con RAF presentó valores de IAF significativamente mayores que el cultivo con RBF durante la primera mitad del ciclo. Posteriormente, las diferencias absolutas se mantuvieron pero no fueron significativas.

Las diferencias de Ψ_m entre frecuencias de riego afectaron al crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta. La aplicación de riegos frecuentes provocó un mayor crecimiento vegetativo, que se tradujo en un mayor índice de área foliar (Figura 2a). Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Phene et al., 1976; Bruce et al., 1980; Bar-Yosef et al., 1982). Al ser el crecimiento de las hojas muy sensible al estrés hídrico (Hsiao, 1993), valores de Ψ_m en torno a -40 kPa del cultivo con RBF pudieron originar la reducción del tamaño de las hojas, observada sobre todo en la primera mitad del ciclo de cultivo (Figura 2b). Las hojas de la parte superior de la planta también fueron de menor tamaño en el cultivo con RBF (Figura 2b), pero no mostraron diferencias significativas con el cultivo con RAF, lo que pudo deberse a que las bajas temperaturas registradas a partir de los 75 ddt limitaron fuertemente el crecimiento del cultivo, independientemente de las frecuencias de riego (Figura 2a). En los invernaderos de Almería las bajas temperaturas de invierno son el principal factor limitante de la producción hortícola, en general, y del cultivo de pepino, en particular (Lorenzo, 1994; Puerto, 2001). Con respecto al crecimiento del tallo, la frecuencia de riego no afectó significativamente a su crecimiento, aunque las plantas con RBF fueron de menor tamaño, con $5,11$ m frente a $5,24$ m en el cultivo con RAF.

Materia seca y producción

La Tabla 1 muestra los valores finales de materia seca e índice de cosecha del cultivo de pepino en ciclo otoño-invierno. La materia seca total del cultivo fue ligeramente mayor en el cultivo con RBF que en el cultivo con RAF (663,9 vs. 653,5), aunque no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Con respecto al reparto de la materia seca total, el cultivo con RAF presentó mayor materia seca vegetativa y menor materia seca generativa que el cultivo con RBF, pero las diferencias no fueron significativas (Tabla 1). Por tanto, parece que la mayor frecuencia de riego modificó ligeramente el reparto de la biomasa aérea, aumentando la biomasa vegetativa a costa de la reproductiva. Tendencias similares fueron observadas en un cultivo pimiento (González, comunicación personal), en cambio en un cultivo de calabacín bajo los mismos tratamientos de riego el cultivo con RAF produjo menor biomasa tanto vegetativa como generativa que el cultivo con RBF (González et al., 2001).

Finalmente, el índice de cosecha fue ligeramente mayor en el cultivo con RBF, pero las diferencias entre tratamientos no fueron significativas.

La frecuencia de riego no afectó significativamente a la producción (Tabla 2), pero la productividad total y comercial fue ligeramente mayor en el cultivo con RBF (8,5 y 7,0 kg m⁻², respectivamente) que en cultivo con RAF (7,9 y 6,4 kg m⁻², respectivamente). El número y el peso medio de los frutos de pepino tampoco fue afectado por la frecuencia de riego (Tabla 2). Tampoco se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en la calidad de la producción comercial (datos no presentados).

Los valores de Ψ_m de -40 kPa registrados en el tratamiento RBF no afectaron significativamente a la productividad, ni a la calidad de los frutos de pepino en ciclo de otoño, a pesar de que el cultivo de pepino es considerado de altos requerimientos hídricos (Loomis y Crandall, 1977) y muy sensible al estrés hídrico (Janoudi et al., 1993). Resultados similares fueron obtenidos en cultivos de pepino (Loomis y Crandall, 1977), tomate (Michelakis y Chartzoulakis, 1988; Tüzel et al., 1994), calabacín (González et al., 2001) y judía (González et al., 2002), en invernadero. Sin embargo, hay otros trabajos donde la productividad de algunas hortalizas fue reducida sustancialmente cuando el Ψ_m fue inferior a -25 kPa (Smittle y Dickens, 1992; Oliveira et al., 1996; Stansell and Smittle, 1989). Este comportamiento diferencial puede deberse al tratarse de suelos con características diferenciadas, como por ejemplo en el caso del cultivo de tomate en suelo arenoso franco descrito por Oliveira et al. (1996). La alta frecuencia de riego se recomienda en suelos con baja capacidad de retención de agua (Freeman et al., 1976; Hanson et al., 1997), en periodos de elevada demanda evaporativa y en fases de cultivo donde las plantas son muy sensibles al estrés hídrico (Hanson et al., 1997). Así, se han encontrado efectos de los riegos de alta frecuencia bajo diferentes condiciones de suelo y clima (Sammis, 1980; VanDerweken y Wilcox-Lee, 1988; Freeman et al., 1976).

A pesar de no haber diferencias estadísticas entre frecuencias de riego, la productividad total y comercial fue ligeramente menor en el cultivo con RAF, y las diferencias ocurrieron a partir de 90 ddt cuando la temperatura y la demanda evaporativa eran bajas (Figura 3). Esta pequeña reducción de la productividad puede explicarse por las diferencias encontradas en el reparto de biomasa aérea, anteriormente descrito. Otra posible hipótesis que podría

explicar las pequeñas diferencias productivas encontradas son los valores de Ψ_m en torno a 10 kPa del cultivo con RAF, valores próximos a condiciones saturadas, que pueden reducir el oxígeno en el suelo y provocar condiciones anaerobias y provocar caídas de crecimiento y productividad (Freeman et al., 1976; Meek et al., 1983). Así, en diversos cultivos también se han encontrado menores producciones cuando se riega frecuentemente (Bucks et al., 1974; Freeman et al., 1976; Pew y Gardner, 1983).

4. CONCLUSIONES

El crecimiento vegetativo de un cultivo de pepino bajo invernadero y suelo enarenado puede modificarse mediante la aplicación de riegos de alta frecuencia. Sin embargo, esto no se tradujo en una mayor productividad, ni aumento en la calidad de los frutos.

Por ello, con bajos niveles de radiación solar y de temperatura, como en el ciclo de otoño-invierno, suelos de textura franca y agua de buena calidad no se recomienda la aplicación de riegos frecuentes (10-15 KPa) al cultivo de pepino.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bar-Yosef, B., and Sagiv, B. 1982. Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system. *Agron. J.* 74: 637-639.

Bruce, R.R., Chesness, J.L., Keisling, T.C., Pallas, J.E., Smittle, Jr.D.A., Stansell, J.R. and Thomas, A.W. 1980. Irrigation of crops the southeastern United States. Principles and practies. USDA Sci. and Educ. Admin. Agr. Rev. Amd Manuals, Southern Series 9.

Bucks, D.A., Erie, L.J., and French, O.F. 1974. Quantity and frequency of trickle and furrow irrigation for efficient cabbge production. *Agronomy Journal*, Vol. 66: 53-57.

Fernández, M.D., Orgaz, F., Fereres, E., López, J.C., Céspedes, A., Pérez, J., Bonachela, S., Gallardo, M. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Edita Cajamar. 78 pp.

Freeman, M., Blackwell, J., and Garzoli, K.V. 1976. Irrigation frequency and total water applications with trickle and furrow systems. *Agricultural Wate Management*, Vol. 1: 21-31.

González, A.M., Bonachela, S., Fernández, M.D. 2002. Uso de un programa de riego fijo modificado en un cultivo de judía en invernadero y suelo enarenado en Almería. VII Congress of the European Society for agronomy. Book of procedings: 95-96. Córdoba, Spain 15-18 July 2002.

González, A.M., Bonachela, S., Fernández, M.D., Cruz, S. 2001. Uso de un programa de riego fijo en un cultivo de calabacín en invernadero y suelo enarenado en Almería. XIX Congreso Nacional de Riegos. Zaragoza, 12-14 junio 2001.

Hanson, B., Schwankl L., Grattan, S., Prichard T. 1997. Drip Irrigation for row crops. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Davis. Publication 3376.

Hanson, B., Orloff, S., Peters, D. 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *California Agriculture*: 38-42.

Hsiao, T.C. 1993. Growth and productivity of crops in relation to water status. *Acta Horticulturae* 335: 137-147.

Janoudi, A.K., Widders, I.E., and Flore, J.A. 1993. Water Deficits and Environmental Factors Affect Photosynthesis in Leaves of Cucumber (*Cucumis sativus*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(39): 366-370.

Loomis, E.L, Crandall, P.C. 1977. Water Consumption of Cucumbers during Vegetative and Reproductive Stages of Growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(2): 124-127.

Lorenzo, P. 1994. Interceptación de la luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ontogenia del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Tesis doctoral.

Meek, B.D., Ehlig, C.F., Stolzy, L.H., and Graham, L.E. 1983. Furrow and trickle irrigation: Effects on soil oxygen and ethylene and tomato yield. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 631-635.

Michelakis, N.G.; Chartzoulakis, K. S. 1988. Water Consumptive use of Greenhouse tomatoes as related to various levels of soil water potential drip irrigation. Acta Horticulturae 228. Water Supply and Irrigation.

Oliveira, M.R.G., Calado, A.M., and Portas, C.A.M. 1996. Tomato root distribution under drip irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4): 644-648.

Pew, W.D., and Gardner, B.R. 1983. Effects of Irrigation Practices on Vine Growth, Yield, and Quality of Muskmelons. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(1): 134-137.

Phene, C.J., and Beale, O.W. 1976. High frequency irrigation for water nutrient management in humid regions. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 430-436.

Puerto, H.M. 2001. Respuesta productiva de un cultivo de pepino holandés bajo invernadero a la calefacción por aire caliente. Tesis doctoral.

Ritchie J.T., Gerakis A., Suleiman A. 1999. Simple model to estimate field soil water limits. Transaction of the ASAE. Vol. 42.6:1609-1614.

Sammis, T.W. 1980. Comparison of Sprinkler, Trickle, Subsurface, and Furrow Irrigation Methods for Row Crops. Agronomy Journal. Vol. 72 (5): 701-704.

Smittle, D.A., and Dickens, W.L. 1992. Water budgets to schedule irrigation for vegetables. HortTechnology 2: 54-59.

Stansell, J.R., and Smittle, D.A. 1989. Effects of irrigation regimes on yield and water use of summer squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 712-714.

Tüzel I.H., Ul, M.A. and Tüzel, Y. 1994. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: I. Yield and plant growth. Acta Horticulturae 366: 381-388.

VanDerwerken, J.E. and Wilcox-Lee, D. 1988. Influence of Plastic Mulch and Type and Frequency of Irrigation on Growth and Yield of Bell Pepper. Hortscience 23(6): 985-988.

Tabla 1. Materia seca (vegetativa, generativa y total) e índice de cosecha. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia). Campaña 2001/2002.

| TRATAMIENTO | MS VEGETATIVA (g m ⁻²) | MS GENERATIVA (g m ⁻²) | MS TOTAL (g m ⁻²) | I.C. |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| RBF | 333,6 | 330,3 | 663,9 | 0,50 |
| RAF | 351,9 | 301,6 | 653,5 | 0,46 |
| MDS | NS | NS | NS | NS |

MDS: Mínima diferencia significativa (P<0,05); NS: Diferencias no significativas (P<0,05)

Tabla 2. Producción total, comercial y no comercial. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia). Campaña 2001/2002.

| TRAT | PRODUCCIÓN COMERCIAL | | | PRODUCCIÓN NO COMERCIAL | | PRODUCCIÓN TOTAL | |
|------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | Frutos m ⁻² | g m ⁻² | g fruto ⁻¹ | frutos m ⁻² | g m ⁻² | frutos m ⁻² | g m ⁻² |
| RBF | 16,9 | 6955 | 447,0 | 14,1 | 1443,5 | 31,0 | 8530 |
| RAF | 15,1 | 6409 | 449,1 | 15,4 | 1514,9 | 30,5 | 7924 |
| MDS | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |

MDS = Mínima diferencia significativa. N.S. ; No significativo al 95%.

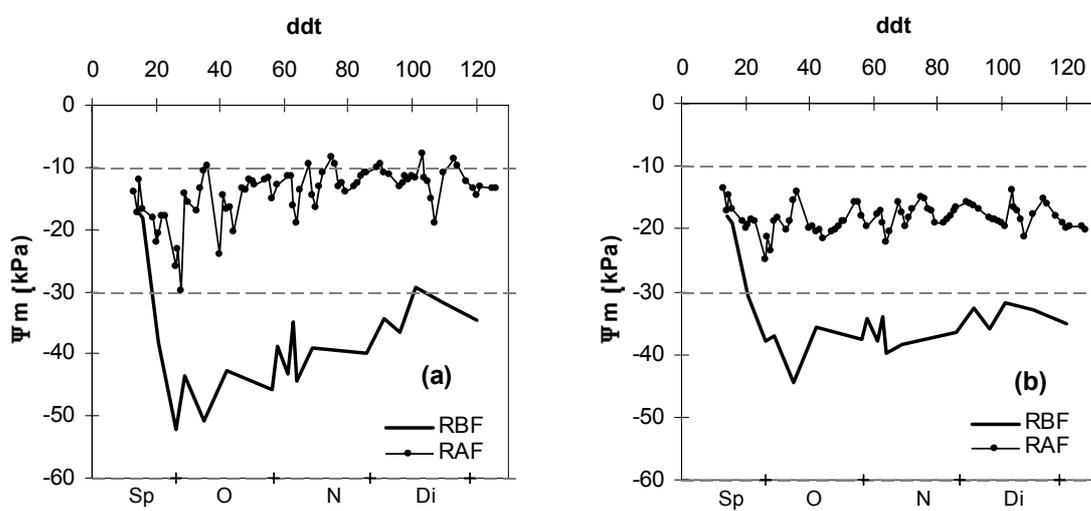


Figura 1. Evolución del potencial matricial del agua en suelo (Ψ_m) a 0,12 m (a) y a 0,27 m (b) de profundidad por debajo de la capa de arena, antes del riego. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia).

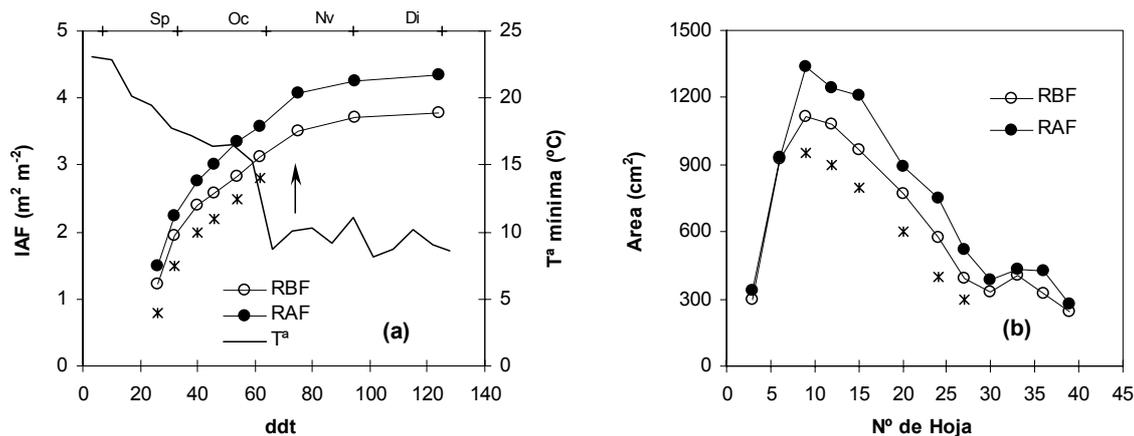


Figura 2. Índice de área foliar del cultivo (a), área foliar de hojas del tallo principal (b). Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia). * indica diferencias significativas ($P < 0,05$) y \uparrow la fecha a partir de la cual se dejaron dos brazos laterales.

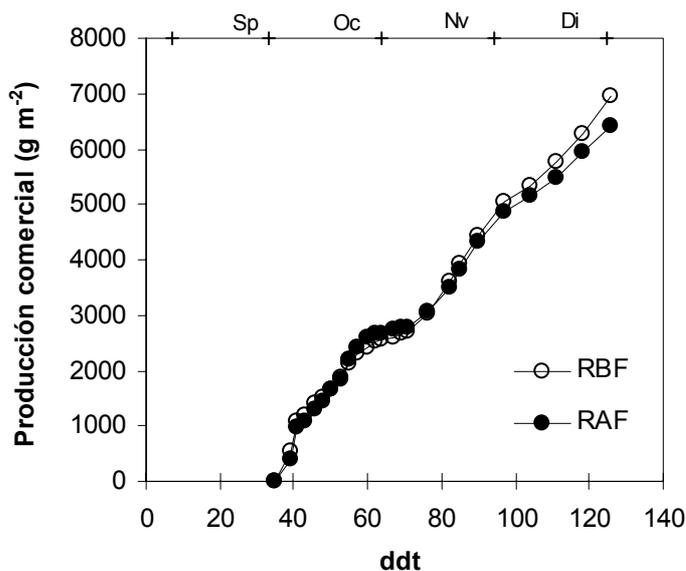


Figura 3. Evolución estacional de la producción comercial durante el ciclo de cultivo. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia).