

estación experimental



SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA Y
PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO DE PEPINO TIPO
ALMERÍA EN INVERNADERO BAJO DISTINTAS
FRECUENCIAS DE RIEGO

RAMÓN GIL PÉREZ

TUTORES

GÓNZALEZ CÉSPEDES, A. M.

BONACHELA, S..

Proyecto de colaboración entre:
Estación Experimental – Cajamar
Universidad de Almería (Dpto. Producción Vegetal)

SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA Y PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO DE PEPINO TIPO ALMERÍA EN INVERNADERO BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE RIEGO.

Resumen del proyecto Fin de carrera de Ramón Gil Pérez R.

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.

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, 2) caracterizar la distribución del sistema radicular de un cultivo de pepino en ciclo de otoño bajo distintas frecuencias de riego y 3) 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). 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, con sistema de riego por goteo, con ramales portagoteros a 1,5 m y emisores a 0,5 m. 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. 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).

Las dosis de riego se determinaron a partir estimaciones de la evapotranspiración del cultivo de pepino (ET_c). La ET_c 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 por tratamiento. 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

- 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 (Irrometer, 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. La superficie foliar del cultivo se expresó con el índice de área foliar (IAF), que representa la superficie foliar del cultivo/superficie de suelo.
- 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.
- Las medidas de raíces se realizaron en 16 perfiles del suelo transversales a la línea de cultivo, ocho por cada tratamiento (cuatro en la posición del gotero y cuatro entre goteros). Se excavó un perfil transversal de 150 cm de anchura por 30 cm de profundidad. A continuación se lavó la tierra de una capa de 10 mm de espesor del perfil con agua a presión, luego se aplicó una disolución de Rojo Congo en agua con un pulverizador hasta teñir las raíces de rojo, para facilitar su identificación y ubicación. Posteriormente se colocó sobre el perfil una malla metálica de 150 cm de anchura y 30 cm de profundidad y se recogieron con pinzas y tijeras las raíces descubiertas. El paso siguiente fue

separar las raíces de cada cuadrícula, en función de su grosor, en raíces finas (< 1mm) y raíces gruesas (≥ 1 mm). Posteriormente, se midió la longitud de las raíces gruesas, mas escasas en número, y de las raíces finas de un número representativo de cuadrículas de cada tratamiento y posición del perfil.

Con la medidas realizadas se determinó la biomasa radicular (g m^{-2} suelo), de los tratamientos de riego en los perfiles de suelo transversales a la línea de cultivo (en gotero y entre goteros), diferenciando las raíces por grosor (finas y gruesas). La distribución espacial de las raíces en el perfil se llevó a cabo mediante la cuantificación (%) de raíces presentes en cada sección y profundidad del perfil.

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 aplícate 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.

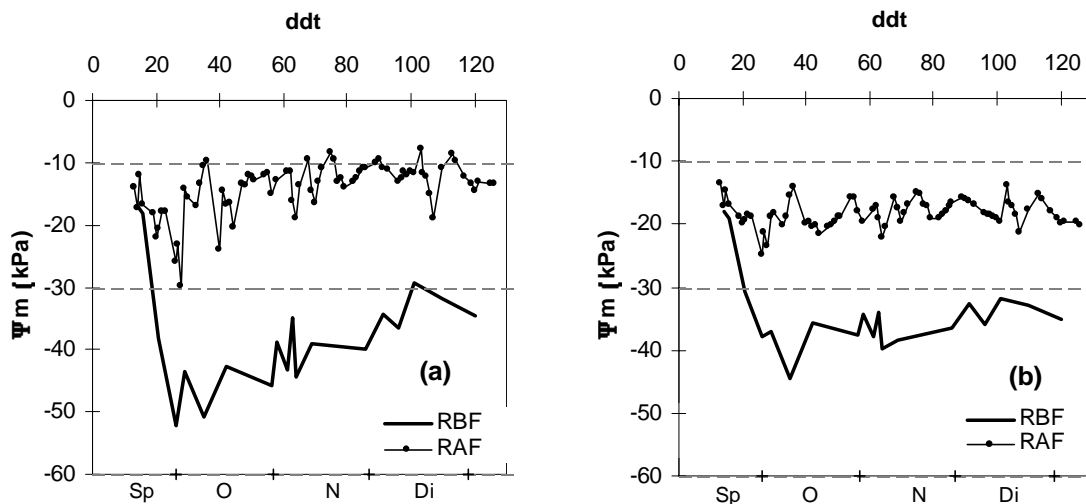


Figura 1. Evolución del potencial matricial del agua en suelo (Ψ_m) a 0,12 m (a) y a 0,27 m (b) de profundidad por debajo de la capa de arena, antes del riego. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia).

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 período 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). 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). 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.

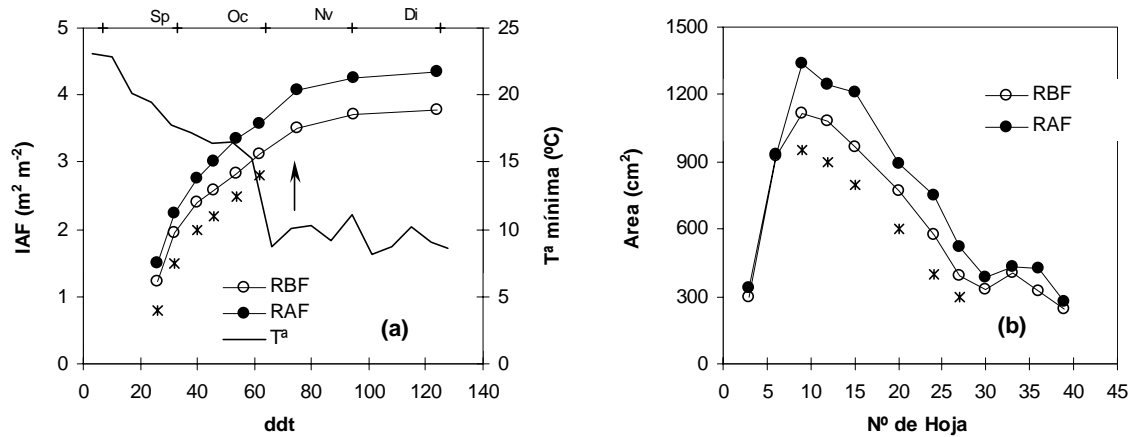


Figura 2. Índice de área foliar del cultivo (a), área foliar de hojas del tallo principal (b). Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia). * indica diferencias significativas ($P < 0,05$) y \uparrow la fecha a partir de la cual se dejaron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

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 (tallos y hojas) a costa de la reproductiva (frutos). 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).

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).

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%.

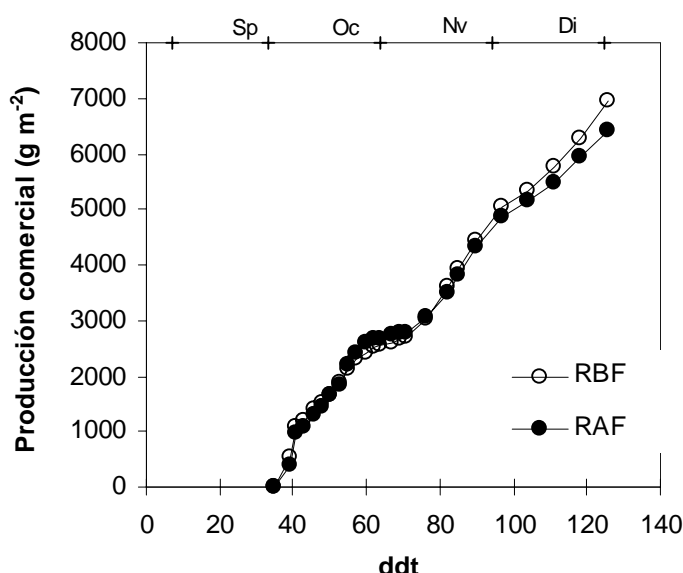


Figura 3. Evolución estacional de la producción comercial durante el ciclo de cultivo. Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia).

Distribución del sistema radicular

En ambos tratamientos la biomasa radicular fue significativamente mayor en el perfil del suelo situado en el gotero que en el situado entre goteros (Tabla 3).

Tabla 3. Biomasa radicular (g m^{-2}) en dos perfiles transversales del suelo situados uno en el gotero (G) y otro entre goteros (EG). Cultivo de pepino bajo dos frecuencias de riego (RAF: Riego de Alta Frecuencia; RBF: Riego de Baja Frecuencia). Campaña 2001/02. El Ejido (Almería).

TRATAMIENTO	RBF	RAF
Gotero	22,7 a	18,5 a
Entre Gotero	6,7 b	9,3 b
MDS	9,7	8,1

MDS: Mínima diferencia significativa ($P < 0,05$). Valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

La misma conclusión se infiere de la Figura 4, que muestra la distribución espacial de la biomasa radicular en los dos perfiles transversales del suelo considerados (datos medios de los dos tratamientos de riego estudiados): hubo mayor biomasa radicular en la mayor parte del perfil transversal situado en el gotero que en el perfil situado entre goteros. Además, en los dos perfiles de suelo considerados las raíces estaban concentradas en la zona central (donde estaba localizada la planta y el gotero) y en las capas más superficiales de los mismos (Figura 4), pero el nivel de concentración de raíces en el perfil situado en el gotero fue mayor que en el perfil situado entre goteros, tanto en la zona central (78% vs. 62%) como en la capa superficial del perfil (57% vs. 38%). Como consecuencia de ello, la distribución de raíces fue más homogénea en el perfil situado entre goteros que en el situado en el gotero, tanto en profundidad como longitudinalmente (Figura 4). Finalmente, en los dos perfiles se observó una mayor concentración de raíces en la zona lateral derecha con respecto a la izquierda, como consecuencia de la localización del gotero a la derecha de la planta (Figura 4).

La Figura 5 muestra la distribución espacial de la biomasa radicular en un perfil del suelo transversal a la línea de cultivo (datos medios de los perfiles situados en el gotero y entre goteros) en las dos frecuencias de riego estudiadas. La distribución espacial de raíces en el perfil fue distinta entre frecuencias de riego (Figura 5). La biomasa radicular del pepino con RAF estaba muy concentrada en la zona central del perfil transversal del suelo (78% vs. 70%), formando un bulbo de raíces alrededor del gotero de unos 30 cm de radio que se correspondía con el bulbo humedecido por el mismo. En el cultivo con RBF, en cambio, la biomasa radicular estaba distribuida con más uniformidad tanto a lo largo como a lo ancho del perfil transversal (Figura 5), es decir, el cultivo sometido a menor frecuencia de riego parece que exploró un mayor volumen de suelo.

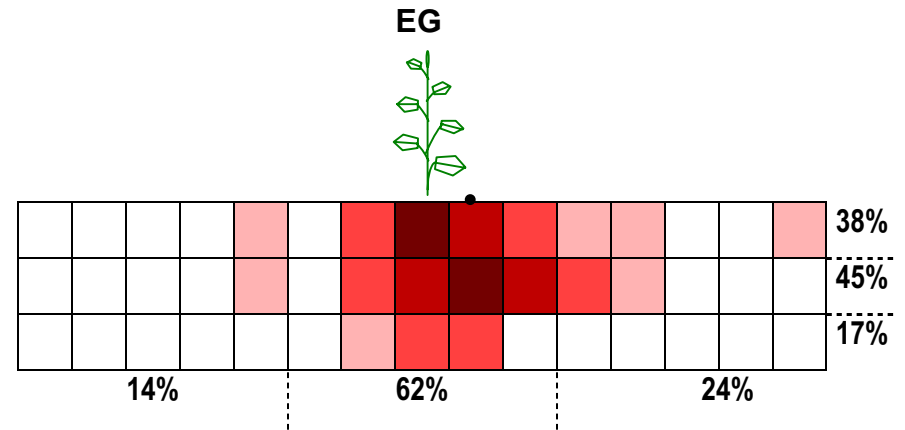
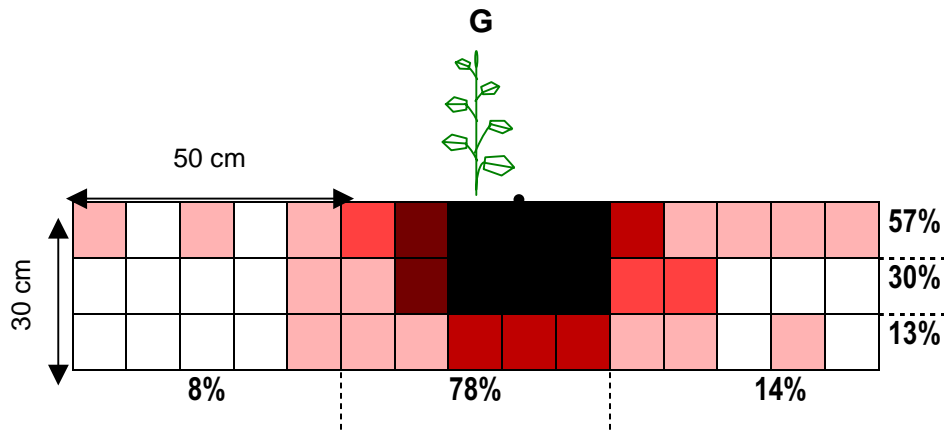


Figura 4. Distribución de la materia seca radicular (G vs EG).

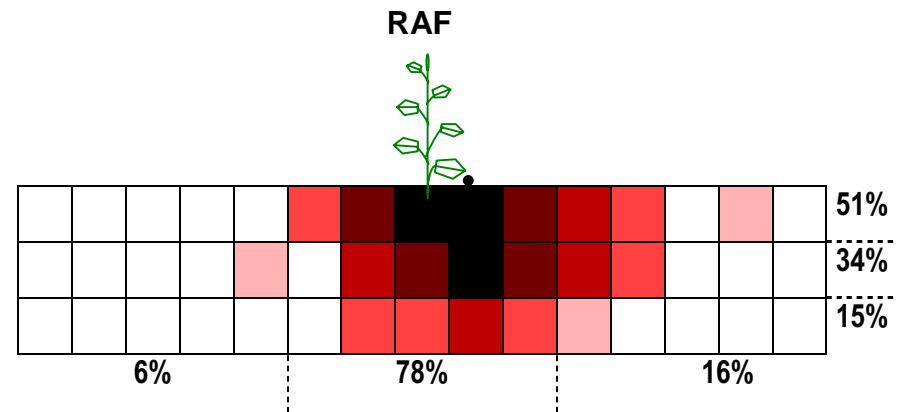
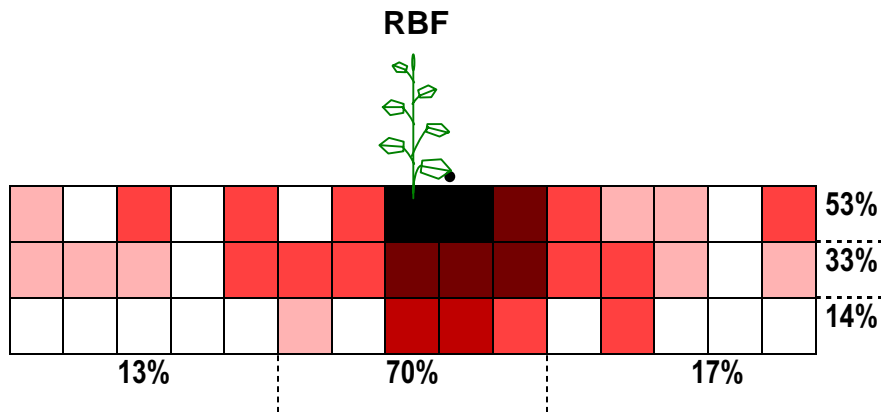
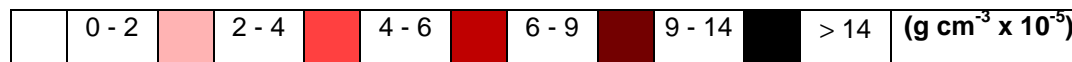


Figura 5. Distribución de la materia seca radicular (RBF vs RAF).



4. CONCLUSIONES

- La aplicación de riegos de alta frecuencia al cultivo de pepino provocó un mayor crecimiento vegetativo, que se tradujo en un mayor índice de área foliar.
- La frecuencia de riego no afectó a la biomasa radicular, pero sí modificó su distribución espacial en el perfil del suelo: El cultivo con RAF presentó una mayor concentración de raíces alrededor del gotero, mientras que en el cultivo con RBF la distribución de las raíces fue más homogénea tanto a lo largo como a lo ancho del perfil transversal.
- La biomasa radicular y la densidad radicular del perfil transversal del suelo localizado en el gotero fue mayor que la del perfil localizado entre goteros, en los dos frecuencias de riego estudiadas.
- La frecuencia de riego no afectó a la biomasa aérea, a la productividad, ni en la calidad de los frutos de un cultivo de pepino de ciclo de otoño-invierno.
- En suelos de textura franca y aguas de buena calidad, no parece aconsejable aportar riegos de alta frecuencia a los cultivos de pepino de otoño-invierno.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bucks, D.A., Erie, L.J., and French, O.F. 1974. Quantity and frequency of trickle and furrow irrigation for efficient cabbage 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 Water Management*, Vol. 1: 21-31.

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.

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.

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.

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.