

RECIRCULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN “CULTIVO SIN SUELO” EN PIMIENTO DE GERNIKA

H. MACÍA
B. JUARISTI
A. ETXEANDÍA
M. DOMINGO

Sección Hortofloricultura SIMA (D.I.A.P. Gobierno Vasco)

R. AMENÁBAR

Sección Hortofruticultura D. F. Vizcaya
Euscadi

RESUMEN

La recirculación de las soluciones nutritivas en cultivo sin suelo se inició en el SIMA de Derio en 1995, para evitar el impacto ambiental que puede suponer el vertido de estas soluciones de drenaje al medio (acuíferos, cauces fluviales, etc). La creciente presión legislativa en temas medioambientales ha causado gran preocupación entre las Asociaciones de Productores (A.A.PP.) del País Vasco, que temen que en un futuro más o menos próximo puedan verse impedidos a realizar vertidos de forma incontrolada al exterior. Por ello se considera un tema de gran interés la puesta a punto de la tecnología para recirculación de las soluciones nutritivas en cultivo sin suelo.

Por otro lado, el pimiento de Gernika es la especie que mayor superficie ocupa dentro de los cultivos sin suelo en la Comunidad Autónoma del País Vasco (C.A.P.V.), con 5 ha de superficie. En 1996 se han iniciado los trabajos para la puesta a punto de la recirculación de soluciones nutritivas en cultivo sin suelo en pimiento de Gernika, tanto desde el punto de vista nutricional como del fitosanitario (desarrollo de un sistema de control para desinfección de soluciones nutritivas mediante rayos U.V., en colaboración con la empresa Inkoa Sistemas).

INTRODUCCIÓN

La técnica de cultivo sin suelo en sustrato se inició en el SIMA en 1986 para dar respuesta a graves problemas de parásitos telúricos que podían llegar a ser limitantes para el

desarrollo de la producción hortícola en nuestros invernaderos. Tras varios años de trabajos continuados para adaptar esta técnica a nuestros particulares “agrosistemas” (ensayos de sustratos, adaptación de soluciones nutritivas a nuestros cultivos, manejo del cultivo, densidades de plantación, etc.), en 1995 se propone al SIMA de Derio, por parte de las AA.PP., el inicio de los trabajos en recirculación de soluciones nutritivas en cultivos de tomate (Guipúzcoa) y pimiento de Gernika (Vizcaya) principalmente. En 1995 se realiza un cultivo de tomate de otoño y en 1996 se ha continuado el trabajo con el pimiento de Gernika, ya en un ciclo de larga duración (marzo a octubre), que es el objeto del presente trabajo. Las condiciones de cultivo del País Vasco, como ya hemos comentado, difieren en algunos aspectos del de otros centros de producción en cultivo sin suelo (Almería, Murcia, Canarias o países centroeuropeos). Disponemos, en general, de un clima suave, con escasa insolación, precipitación abundante repartida a lo largo del año (1.200 mm de media anual), suelos con grandes pendientes y, en general, de elevado precio. Estas características configuran unos agrosistemas peculiares con ventajas e inconvenientes respecto a la técnica de cultivo sin suelo, en particular a la recirculación de soluciones nutritivas, referida a otras regiones. Así, por ejemplo, el hecho de estar alejados de los grandes centros de producción hortícola hace que el coste de transporte de los diversos materiales (sustratos, material de riego, abonos, etc.) sea más alto. Por contra, disponemos de una elevada pluviometría que permite pensar en su recogida para su empleo en cultivos sin suelo. De alguna forma hemos constatado una relación muy estrecha, desde el punto de vista nutricional, entre facilidad del reciclaje y calidad del agua de riego empleada, considerándose el agua de lluvia muy apropiada para el desarrollo de esta técnica.

En nuestro caso, y teniendo presente las otras alternativas, se ha creído oportuno trabajar tratando de recuperar y reintegrar el cien por cien de la solución de drenaje al cultivo en base a una estrategia de aprovechamiento máximo de agua y nutrientes.

Esta hipótesis de trabajo (que ya es un hecho en mayor o menor medida en algunos países, como Inglaterra, Holanda, Alemania, Suiza, etc.) plantea, a nuestro modo de ver, dos tipos de problemas en nuestro ámbito de cultivo:

- Problemas nutricionales.
- Problemas fitosanitarios.

Los problemas nutricionales se derivan del hecho que el ajuste de la solución nutritiva en cada momento ha de ser más preciso para evitar la acumulación de determinados iones (dependiendo del estado fenológico) que en un sistema abierto, donde pueden ser fácilmente lavados del sustrato aplicando una solución no tan equilibrada (sulfatos, calcio, magnesio y nitratos principalmente.). Por otro lado, y en relación a este hecho, se da la circunstancia que determinados iones (Ca y Mg principalmente) se hallan presentes, en las soluciones nutritivas en *sistemas abiertos*, en mayor concentración de la requerida por el cultivo, para facilitar su absorción. Estas mismas soluciones pueden producir en un *sistema con recirculación* una fuerte acumulación de los mismos en el medio radicular, provocando un aumento de la C.E. y un desequilibrio en la relación entre los difentes elementos que componen la solución nutritiva.

Los problemas que se plantean desde el punto de vista fitosanitario son, a nuestro juicio mayores, ya que si se infectan las soluciones de drenaje, la enfermedad puede ser fácilmente diseminada por todo el cultivo a través del sistema de riego. No está todavía muy clara la estrategia de cara al tratamiento de las soluciones de drenaje, habiéndose abordado de diferentes formas. Éstos pueden ir desde no tratar a realizar tratamiento con diferentes sistemas: radioterapia, ozonificación, termoterapia, productos germicidas, ultrafiltración, filtración en arena, lucha con antagonistas, etc. En nuestro caso se decidió poner a punto un

sistema de desinfección mediante radiación U.V. (en colaboración con la empresa Inkoa Sistemas) en base a diferentes motivos: por un lado, el pimiento de Gemika es un cultivar local que no presenta resistencia conocida a enfermedades, siendo por, el contrario, muy sensible a determinados fitopatógenos (ejemplo, *Phytophthora* sp.), por lo que es conveniente contar con un sistema de desinfección de la solución de drenaje antes de reincorporarla al cultivo. Por otra parte, la tecnología de desinfección mediante radiación U.V. ha demostrado ampliamente su eficacia en la desinfección en diferentes ámbitos de la industria (viveros de marisco, tratamiento de aguas biológicamente contaminadas, etc.) y servicios (hospitales, peluquerías, etc.). En base a estas premisas se ha realizado el ya comentado ensayo de recirculación de soluciones nutritivas en cultivo sin suelo en pimiento de Gemika. En principio, el ensayo se ha realizado en sustrato de lana de roca, aunque también se ha puesto a punto, con éxito, una pequeña unidad de cultivo en N.F.T.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un invernadero de placa de 1.000 m², ocupando el cultivo dos de las tres capillas del mismo (660 m²). A su vez, el ensayo que nos ocupa tenía 320 m² (figura 3), correspondiendo el resto a otros ensayos sobre el mismo cultivo. El semillero se realizó en la tercera nave del invernadero de placa, estando aislado del mismo por un film plástico; se llevó a cabo en cama caliente a 25^o C hasta el repicado, estableciéndose la temperatura mínima en el invernadero de semillero de 16^o C.

Se partió de semilla cultivar Derio de pimiento de Gemika.

Se planteó un ensayo en bloques con dos tratamientos (LR-: testigo sin recirculación y LR+: recirculación y desinfección) y cuatro repeticiones. El ensayo de recirculación se llevó a cabo sobre sustrato de lana de roca de la firma Grodan. Las tablas de cultivo poseían las siguiente dimensiones: 120 × 15 × 7,5 cm. Se colocaron dos filas de 14 sacos en los bordes derecho e izquierdo del ensayo. Cada una de las parcelas de ensayo constaba de 12 sacos, poseyendo cada fila un saco delante y otro detrás, a modo de borde. Los tratamientos se colocaron en filas alternativamente.

El dispositivo de recirculación se componía de los siguientes elementos:

Cabezal de riego.—Gestionaba el disparo de riego desde los tanques de solución hija, mediante solarímetro.

Red de distribución.—Tubería de PE de 32 mm en las primarias y de 16 mm en las de distribución. Éstas llevaban integrados goteros autocompensantes, antidrenantes de 2 l/h.

Sistema de recogida de aguas y desinfección de la solución nutritiva.—En el tratamiento de recirculación se dispuso un canalón para recogida de la solución de drenaje que se acumulaba en un depósito de 100 l. Éste lleva una sonda de máxima y mínima, de forma que cuando la solución tocaba el máximo se activaba el motor de la unidad de desinfección mediante U.V. para proceder a la desinfección. El motor que trabajaba en aspiración impulsaba el agua hasta un sistema de dos depósitos de 1.000 l, que eran llenados y analizados alternativamente.

Recomposición de la solución nutritiva.—Una vez analizada (de forma semanal) la solución recogida en cada depósito alternativamente, se mezclaba en un tanque de 1.000 l, incorporándose un 30% de solución de drenaje con un 70% de agua más *solución madre de recirculación*, de forma que se constituyese la *solución hija* lista para su aplicación al cultivo.

Desarrollo del cultivo

La siembra tuvo lugar el 9 de febrero, el repicado se realizó el 26 de febrero y el trasplante tuvo lugar el 27 de marzo. La densidad de plantación fue de 2,6 plantas/m², disponiéndose cinco plantas por saco de 1,2 m y con una separación entre filas de 1,6 m, de forma que entraban cinco filas por capilla del invernadero (8 m). El pimiento se condujo en filas individuales y era entutorado con cuerdas y con la ayuda de una malla, colocada poco antes del trasplante del pimiento. En la tercera semana de agosto, y debido a la elevada altura alcanzada por el cultivo (2,5-2,8 m) y los bajos precios registrados en el mercado, se realizó un despunte en la parte alta del cultivo y en los laterales más salientes (unos 50-60 cm), rebrotando posteriormente con fuerza y dando un golpe de producción importante a finales de septiembre y con un pimiento de excelente calidad. El fin del cultivo tuvo lugar el 30 de octubre.

Manejo de la fertirrigación

La gestión del riego se realizó mediante solarímetro, aplicando el mismo valor de radiación acumulada en principio para ambos tratamientos. Este valor fue variando en función del estado fenológico del cultivo y de los valores de C.E. del drenaje, aunque las variaciones no fueron excesivas (figura 1).

En cuanto a la formulación de las soluciones nutritivas, en el tratamiento a solución perdida (LR-) se aplicaron las fórmulas desarrolladas para el “pimiento de Gernika” en el SIMA de Derio, tras varios años de experimentación con este cultivo. El tratamiento que incorporaba la recirculación del drenaje (LR+) era analizado semanalmente antes de incorporar su contenido de nuevo al cultivo; mientras se empleaba la solución de drenaje ya analizada de otro tanque. La solución hija se preparaba a partir de un 30% de la solución de drenaje (medida con un contador), y el resto lo constituía agua previamente analizada y la solución madre de recirculación preparada en función de la respuesta de los análisis de drenaje y del estado de desarrollo del cultivo. El ajuste del pH se realizaba de forma manual a partir del análisis de “agua resultante” (agua más solución de drenaje). Se empleó para este ajuste ácido nítrico y, en ocasiones, ácido sulfúrico.

En cuanto al manejo de pH y C.E. de las soluciones nutritivas, en semillero se inició con una C.E. de 1,5 mS/cm, iniciando la fase de repicado con esta misma C.E., hasta llegar a los 2,8 mS/cm en gotero, dando al final una C.E. en taco de 4,0-4,5 mS/cm, con la que se llevó al trasplante. Las tablas de lana de roca se llenaron con solución nutritiva de 2,6 mS/cm de C.E., al inicio del cultivo, procurando mantener una C.E. entre 3,5 y 4 mS/cm en drenaje en la fase de enraizamiento.

RESULTADOS

Cantidad y calidad de la producción

El pimiento de Gernika es recogido en verde con una longitud de fruto entre 6 y 9 cm. Si el fruto se hace más grande se deteriora su calidad para la fritura, ya que la epidermis se vuelve más coriácea, dando lugar a la denominada “gabardina”. Por ello las recolecciones son de dos veces por semana al inicio del cultivo y tres en plena producción, para

luego bajar a dos en el último mes y medio de cultivo. La producción en ambos tratamientos se puede ver en el cuadro 1, donde se aprecia un rendimiento ligeramente superior en $0,29 \text{ kg/m}^2$ a favor del tratamiento con recirculación (LR+). Este hecho, aunque estadísticamente no es significativo, puede ser debido a una mayor incidencia de la virosis por ToMV en el tratamiento sin recirculación (LR-).

Manejo de las soluciones nutritivas durante el cultivo en cada uno de los tratamientos

El tratamiento sin recirculación (LR-) se manejó de forma estándar para lo habitual del cultivo, aplicando las soluciones puestas a punto en el SIMA de Derio. Las soluciones nutritivas para recirculación se modificaron en función de la respuesta del cultivo en el drenaje. Se partió de la misma solución nutritiva que se diferenció a partir mayo. Las diferentes soluciones nutritivas aplicadas se presentan en el cuadro 3. Las soluciones nutritivas en el tratamiento sin recirculación se fueron configurando a lo largo del cultivo y están en fase de tratamiento, a la espera de más resultados.

Aspectos fitosanitarios

Como ya hemos mencionado, el pimiento de Gernika es un tipo adaptado a las condiciones de cultivo del País Vasco y se ha manifestado como sensible a algunos fitopatógenos. En este sentido se han detectado, en cultivos sin suelo, problemas de parásitos telúricos que precisamente se pretendían evitar con el empleo de esta técnica de cultivo (*Phytophthora* sp.). Además este año se han detectado graves problemas de virosis (ToMV). Esta situación hace que se deban tomar precauciones de cara a la recirculación de la solución de drenaje, de forma que el inóculo no se propague vía fertirrigación. En este ensayo, por contra, *la proporción de plantas afectadas por virosis ha sido mayor en el tratamiento sin recirculación (LR-) que en el que incorpora la recirculación (LR+) y desinfección mediante rayos U.V., con una incidencia del orden de 2:1 superior.* Este hecho no tiene una clara explicación, pero es significativo que no ha habido un mayor desarrollo de la enfermedad vía fertirrigación con recirculación de la solución nutritiva.

CONCLUSIONES

La recirculación total de la solución nutritiva es perfectamente viable desde el punto de vista nutricional. No obstante, los controles han de ser más exhaustivos, para evitar desequilibrios en la solución nutritiva que induzcan carencias y aumento de la concentración salina. El empleo de aguas de buena calidad ($< 0,8 \text{ mS/cm}$) favorece este proceso.

No se observan diferencias significativas ni en calidad ni en cantidad de la producción.

Desde el punto de vista nutricional, parece que la desinfección con rayos U.V. ha tenido un efecto positivo en la disminución de inóculo de ToMV. Habrá que profundizar en este campo y estudiar también otros posibles sistemas de desinfección, no descartando la no desinfección adoptando medidas higiénicas muy estrictas y un control medioambien-

tal adecuado (se ha observado una clara relación entre plantas afectadas de virosis y zonas del invernadero más desfavorecidas desde el punto de vista medioambiental).

Como próximos objetivos se trata de modelizar el comportamiento del cultivo en función de los estados fenológicos y de las variables de clima para ajustar las soluciones nutritivas en recirculación.

Se ha ensayado con éxito el sistema de recirculación en N.F.T. (Nutrient Film Technic) como técnica alternativa a la recirculación en sustrato. El próximo año se pretende comparar ambos sistemas.

Cuadro 1

PRODUCCIÓN COMERCIAL Y DESTRÍO EN KG/M²

	PROD. COM.	C.V.	PROD. DESTRÍO	C.V.
LR+	7,31 A	6,13	1,18 A	8,23
LR-	6,82 A	5,23	1,18 A	7,77

MDS = 0,9; alfa = 0,05; R² = 0,52; C.V. = 5,0.

Cuadro 2

PRODUCCIÓN COMERCIAL Y DESTRÍO EN DOCENAS/M²

	PROD. COM.	C.V.	PROD. DESTRÍO	C.V.
LR+	62,61 A	5,84	7,60 A	5,47
LR-	60,00 A	2,44	7,60 A	2,24

MDS = 6,9; alfa = 0,05; R² = 0,72; C.V. = 5,2.

Cuadro 3

SOLUCIONES NUTRITIVAS TIPO EMPLEADAS DURANTE EL CULTIVO TRATADO SIN RECIRCULACIÓN (LR-) (CONCENTRACIONES EN MEQ/L)

FASE	C.E.	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N/K	K/(Ca+Mg)
P0 (llen. sacos)	2,6	17	1,50	5	1,00	7,0	12,0	4,0	2,6	0,43
P1 (enraizamiento)	2,4	16	1,50	4	1,50	7,5	10,0	3,0	2,3	0,57
P2 (inicio producción)	2,0	14	1,25	3	1,25	6,5	8,0	2,5	2,3	0,62
P3 (plena producción)	2,0	14	1,25	3	1,00	7,5	7,0	3,0	2,0	0,75
P4 = P2	2,0	14	1,25	3	1,25	6,0	8,0	2,5	2,3	0,62

Cuadro 4

ELEMENTOS UTILIZADOS DURANTE EL ENSAYO EXPRESADOS EN KG Y L Y AGUA EN M³ POR HECTÁREA

TRAT	N	PO ₄ H ₂ ⁻	K ₊	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	AGUA
LR+	654	398	879	250	85	255	3.165
LR-	1.241	656	1.431	750	184	726	4.080

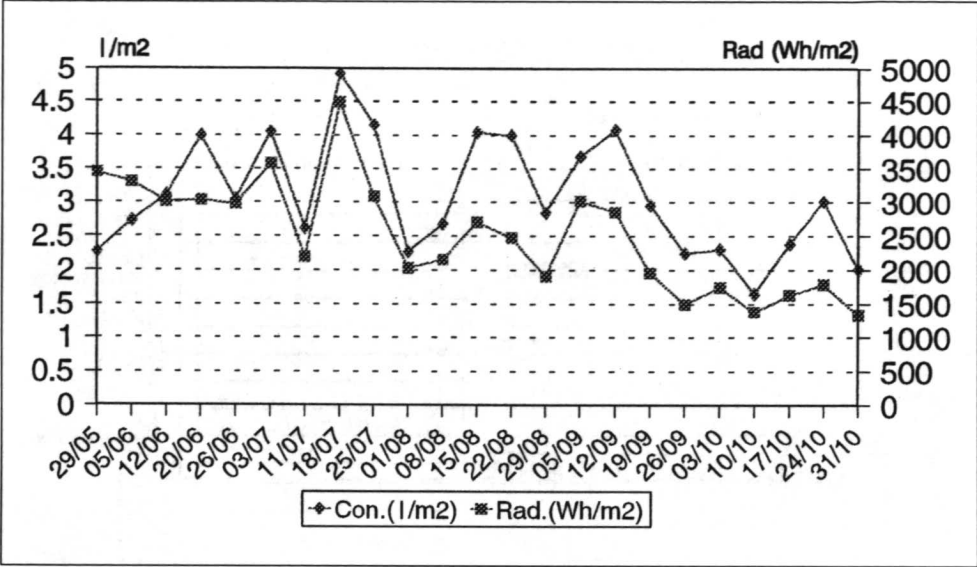


Figura 1

RELACIÓN ENTRE CONSUMO DE AGUA POR EL CULTIVO Y RADIACIÓN ACUMULADA EN WH/M².

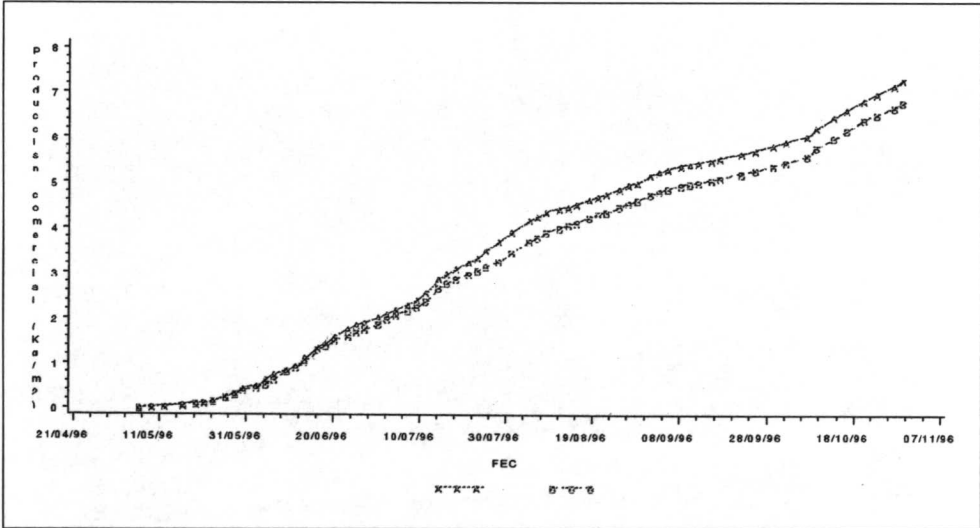


Figura 2

PRODUCCIÓN COMERCIAL ACUMULADA EN KG/M².

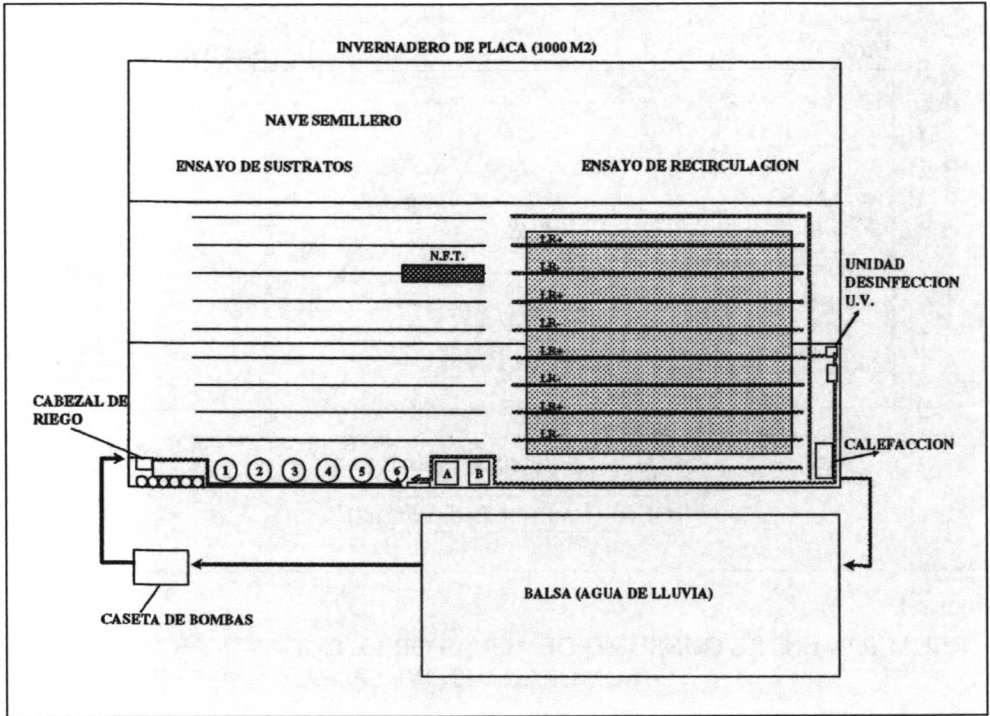


Figura 3

ESQUEMA DEL ENSAYO.