

INFLUENCIA DE LA DOSIS DE FOSFORO EN LA DISOLUCION DE RIEGO SOBRE CULTIVO DE TOMATE EN ENARENADO Y CONDICIONES SALINAS

A. Masaguer, C. Cadahía, A. Saá y M. J. Sarro

*Dpto. de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid.*

RESUMEN

Se ha realizado un ensayo de invernadero al objeto de estudiar la influencia de dos dosis de fósforo en la disolución de riego (1.5 y 3.0 mmol L^{-1} de H_3PO_4) sobre la nutrición y el rendimiento de plantas de tomate cultivadas sobre enarenado y fertirrigadas con agua de elevado contenido salino. La mayor de las dosis ofreció mejores resultados en cuanto al estado nutricional de las plantas y a la disponibilidad de fósforo en el sustrato de cultivo. Las plantas que recibieron menor aporte de fósforo en el riego mostraron, en las etapas finales del experimento, contenidos demasiado bajos de fósforo en savia. No obstante, no se han detectado diferencias significativas entre los rendimientos en fruto de ambos tratamientos.

Palabras clave: Fósforo, salinidad, tomate.

SUMMARY

INFLUENCE OF P CONCENTRATION IN THE FERTIGATION SOLUTION ON TOMATO PLANTS IN SALINE CONDITIONS

A greenhouse experiment was carried out in order to determine the influence of two P concentrations in the fertigation solution (1.5 and 3.0 mmol L^{-1} of H_3PO_4) on nutrition and yield of tomato plants cultivated with a highly saline water. The higher concentration of phosphorus resulted in better results with respect to the nutritional status of the plants and P availability in the substrate. Plants fertigated with 1.5 mmol L^{-1} of H_3PO_4 in the irrigation solution showed too low P concentrations in sap at the end of the experiment. However, there were not significant differences between yields obtained from both treatments.

Key words: Phosphorus, salinity, tomato.

INTRODUCCION

La baja solubilidad del fósforo fosfóricos añadidos (Goldberg y Spósito, 1984) recomiendan dosificar el abonado fosfórico en distintas dosis fijación que sufren los fertilizantes

Este trabajo ha sido financiado por Unión Explosivos Riotinto.

a lo largo del ciclo de cultivo (Rhue y Everett, 1987) con el fin de minimizar el proceso de fijación y aumentar la eficacia de los fertilizantes añadidos.

Si la dosificación de la fertilización fosfórica se lleva a cabo de una forma combinada (una parte como fertilización de fondo y el resto repartido a lo largo del ciclo de cultivo con el riego), se da lugar a mayores rendimientos, mejor estado nutricional de la planta y mayores contenidos de fósforo disponible en el sustrato (Sarro *et al.*, 1989; Cadahía *et al.*, 1990).

Según León *et al.* (1987) deben aplicarse concentraciones altas de fósforo en el riego con el fin de vencer la alta capacidad fijadora del sustrato y obtener una distribución adecuada en el bulbo de goteo. Pero,

en cuanto al suministro de fósforo en condiciones de salinidad, no hay completo acuerdo entre diferentes autores. Así, Cerdá *et al.* (1979) observaron que al aumentar el suministro de fósforo aumenta el peso fresco de planta y el rendimiento, mientras que Kafkafi *et al.* (1982) encontraron que niveles bajos de fosfato tienden a favorecer la absorción de nitrato frente a la de cloruro por la planta.

Por todo ello, hemos planteado un ensayo de invernadero al objeto de estudiar la influencia de diferentes dosis de fósforo en la disolución de riego sobre la nutrición y el rendimiento de plantas de tomate cultivadas sobre enarenado y fertirrigadas con aguas de elevada salinidad, dada la importancia actual de este tipo de sistemas de cultivo en nuestro país.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo, desde el 16 de Julio hasta el 4 de Diciembre, en un invernadero con cubierta de vidrio que dispone de controles automáticos de las condiciones ambientales. Durante el periodo de verano la temperatura máxima diurna permitida fué de 32 °C y la mínima nocturna de 17 °C. Durante el otoño las temperaturas máxima y mínima fueron 20 y 14 °C, respectivamente. La humedad relativa se mantuvo entre 55%, en las horas centrales del día, y 85% por la noche.

Como recipientes de cultivo se utilizaron balsas de uralita de 0.90 m de largo, 0.66 m de ancho y 0.35 m de fondo. En su interior se dispusieron las diferentes capas que consti-

tuyen el enarenado. En cada balsa de cultivo se transplantaron cuatro plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Carmelo), realizándose tres repeticiones por tratamiento y distribuyéndose las balsas al azar en el invernadero.

Los materiales utilizados para la conformación del enarenado en cada balsa fueron: 72 Kg (0.15 m de altura) de suelo, 4 Kg (0.05 m) de basura de población y 64 Kg (0.10 m) de arena de playa lavada. Las características químicas de estos materiales se detallan en la Tabla 1. Podemos observar que se trata de un suelo calizo con bajos contenidos en sales, materia orgánica, cationes y fósforo. Por el contrario, la materia orgánica utilizada presenta un elevado conte-

TABLA 1

Análisis de caracterización de los horizontes del enarenado.

	Suelo	Materia orgánica	Arena
pH (H ₂ O)	8.50	9.10	8.70
pH (KCl)	6.70	7.30	7.30
C. E. (S m ⁻¹)	0.04	0.65	0.01
CO ₃ ⁻ total (g kg ⁻¹)	0.24	0.17	0.85
Mat. org. (g kg ⁻¹)	0.03	6.00	0.04
Cl ⁻ (mg kg ⁻¹)	290	10330	30
Na ⁺ "	130	5400	40
K ⁺ "	80	1880	60
Ca ²⁺ "	2470	2160	1310
Mg ²⁺ "	230	530	50
P "	2	2	0

nido en sales, como se deduce del valor obtenido al determinar la conductividad eléctrica. La arena ofrece elevados valores de pH y carbonatos.

Las balsas de cultivo se sometieron a un abonado de fondo común a ambos tratamientos, que se mezcló con la materia orgánica y los cinco cm superficiales de suelo (zona donde se desarrollan preferentemente las raíces de las plantas). El abonado de fondo consistió en 40 g de sulfato amónico, 40 g de sulfato potásico, 400 g de yeso y 100 g de superfosfato por balsa, que corresponden a 400, 4000 y 1000 kg ha⁻¹, respectivamente. Se añadió yeso como abonado de fondo, a pesar de tratarse de un suelo calizo, debido a los altos contenidos de Na⁺ y de Mg²⁺ presentes en el agua de riego y con el fin de equilibrar las relaciones entre estos iones y el Ca²⁺ (Gárate *et al.*, 1989) y evitar la deficiencia de este último, que provocaría podredumbre apical en los frutos.

La disolución fertilizante se prepa-

ró con agua salina con los siguientes contenidos (mmol L⁻¹): Cl⁻ = 15; SO₄²⁻ = 5.5; HCO₃⁻ = 6; Ca²⁺ = 4; Mg²⁺ = 4.5 y Na⁺ = 15. Al agua de riego se añadió, además del H₃PO₄ correspondiente a cada tratamiento, un abonado consistente en 2 mmol L⁻¹ de Ca (NO₃)₂; 9 mmol L⁻¹ de KNO₃ y 2 mmol L⁻¹ de HNO₃. Los oligoelementos se añadieron en forma de abono complejo soluble (Nutrel), obteniéndose en la disolución de riego unas concentraciones (en mg L⁻¹) de 2.35 de Fe, 0.50 de Mn, 0.10 de B, 0.05 de Zn, 0.04 de Cu y 0.03 de Mo.

Los tratamientos efectuados correspondieron a dos dosis distintas de fósforo en la disolución de riego: 1.5 y 3.0 mmol L⁻¹ de H₃PO₄ para los tratamientos P-1 y P-2, respectivamente.

Las plantas se muestrearon en cuatro ocasiones a lo largo del ciclo de cultivo en las fechas y periodos fisiológicos siguientes:

<u>Muestreo</u>	<u>Fecha</u>	<u>Período</u>
I	18-VIII	Aparición de botones
II	8-IX	Floración
III	6-X	Fructificación
IV	26-X	Maduración

Con el fin de efectuar el diagnóstico del estado nutricional de las plantas, en cada muestreo se realizaron análisis foliares (León *et al.*, 1974) y de savia (Sarro *et al.*, 1985). Paralelamente se midió la altura alcanzada por las plantas en cada período.

El 3-XI se procedió al corte del ápice de las plantas con el fin de detener su desarrollo vegetativo posterior y adelantar, en lo posible, la maduración de los frutos.

Los rendimientos se evaluaron mediante el recuento y pesada de los frutos obtenidos con cada tratamiento.

Al final del cultivo se muestreó el sustrato, en las zonas circundantes de las raíces, tomándose cuatro muestras de cada balsa y determinándose en estas muestras pH, C. E. y elementos disponibles. Las concentraciones de fósforo en el sustrato se evaluaron mediante dos tipos de extracción diferentes: método Olsen (Grupo de Normalización de Métodos Analíticos, 1982) y electroultrafiltración (Nemeth, 1985). Paralelamente, las raíces se separaron, limpiaron y secaron y se determinó su peso seco, como índice de su grado de desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estado nutricional de las plantas

En las Tablas 2 y 3 se muestra la evolución del contenido en nutrientes de las plantas a lo largo del ciclo de cultivo, correspondientes a los tratamientos efectuados.

En general, no se observan grandes diferencias en los contenidos en nutrientes en hoja y savia de los dos tratamientos, exceptuando el fósforo.

Los niveles de nitrógeno en hoja y nitrato en savia son aceptables para este cultivo y únicamente cabe destacar que, en el último muestreo, los valores son inferiores en el tratamiento P-2, que recibió un aporte mayor

de fósforo. Este hecho está de acuerdo con los resultados obtenidos por otros autores (Cadahía *et al.*, 1986), quienes encontraron una relación inversa entre el nivel de nitrato en el medio de nutrición y el nivel de fósforo en planta.

En cuanto a los contenidos en fósforo, éstos son superiores en un 25% en savia y en un 20% en hoja para el tratamiento P-2 frente al P-1. Estos datos reflejan claramente los tratamientos a que fueron sometidas las plantas. Los valores obtenidos pueden considerarse normales excepto el nivel de fosfato en savia en los

dos últimos muestreos del tratamiento P-1. Estos datos concuerdan con los mayores niveles de nitrato detectados en este tratamiento, lo que de acuerdo con Kafkafi *et al.* (1984), puede ser debido a una mayor absorción del nitrato frente al cloruro (en condiciones de salini-

TABLA 2

Composición mineral de hojas de plantas de tomate fertilizadas con dos niveles de P. Cada valor es la media de tres repeticiones.

	Tratam.	MUESTREOS				MDS 5% Trat. *	MDS 5% Muest. **
		I	II	III	IV		
N (g kg ⁻¹)	P - 1	45.2	42.7	41.0	42.3		
	P - 2	47.0	46.1	46.6	36.6	2.6	3.6
P (g kg ⁻¹)	P - 1	4.8	3.1	3.6	3.9		
	P - 2	5.7	4.1	4.3	4.6	0.6	0.8
K (g kg ⁻¹)	P - 1	38.2	33.8	34.6	34.6		
	P - 2	38.0	37.2	33.5	35.5	2.1	3.2
Ca (g kg ⁻¹)	P - 1	14.3	24.4	28.1	25.4		
	P - 2	16.3	23.1	29.0	27.9	3.8	3.2
Mg (g kg ⁻¹)	P - 1	7.4	8.7	7.0	5.1		
	P - 2	7.2	8.7	6.7	4.5	0.8	1.1
Na (g kg ⁻¹)	P - 1	1.8	3.5	7.2	7.8		
	P - 2	2.2	4.6	5.0	7.4	1.8	3.6
Fe (mg kg ⁻¹)	P - 1	176	143	147	120		
	P - 2	231	177	147	116	24	35
Mn (mg kg ⁻¹)	P - 1	79	137	89	73		
	P - 2	74	93	120	80	25	35
Cu (mg kg ⁻¹)	P - 1	19	16	129	63		
	P - 2	19	16	162	44	42	61
Zn (mg kg ⁻¹)	P - 1	43	27	47	27		
	P - 2	42	29	47	23	6	9
B (mg kg ⁻¹)	P - 1	51	47	54	49		
	P - 2	52	48	56	49	6	9

* Mínima diferencia significativa (5%) entre tratamientos.

** Mínima diferencia significativa (5%) entre muestreos.

dad) cuando las concentraciones de fósforo en el medio de nutrición son bajas.

Las concentraciones de potasio, calcio y magnesio, en hoja y savia, presentan una evolución normal para este cultivo y son similares a las obtenidas en anteriores ensayos y condiciones similares de cultivo

(Sarro *et al.*, 1988). Paralelamente, los contenidos de sodio no muestran diferencias entre los tratamientos efectuados y van incrementándose conforme avanza el ciclo de cultivo, siendo una consecuencia directa del elevado contenido salino del agua de riego.

Los niveles de cloruro y sulfato

TABLA 3

Composición mineral de savia de plantas de tomate fertilizadas con dos niveles de P. Cada valor es la media de tres repeticiones.

	Trat.	MUESTREOS				MDS 5% Trat. *	MDS 5% Muest. **
		I	II	III	IV		
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	P - 1	918	1024	1167	1079		
	P - 2	1035	1193	898	886	231	327
P-H ₂ PO ₄ ⁻ (mg L ⁻¹)	P - 1	238	340	124	100		
	P - 2	265	335	218	245	62	87
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	P - 1	5527	5764	4650	4366		
	P - 2	3134	4223	4284	4615	1213	1715
S-SO ₄ ⁼ (mg L ⁻¹)	P - 1	604	436	579	829		
	P - 2	401	323	579	849	236	334
K ⁺ (mg L ⁻¹)	P - 1	6783	6917	4827	4558		
	P - 2	4737	6133	4590	5467	679	960
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	P - 1	138	422	484	573		
	P - 2	171	286	333	383	91	128
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	P - 1	269	1044	918	645		
	P - 2	278	737	762	600	106	151
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	P - 1	500	617	879	921		
	P - 2	463	660	711	994	206	292

* Mínima diferencia significativa (5%) entre tratamientos.

** Mínima diferencia significativa (5%) entre muestreos.

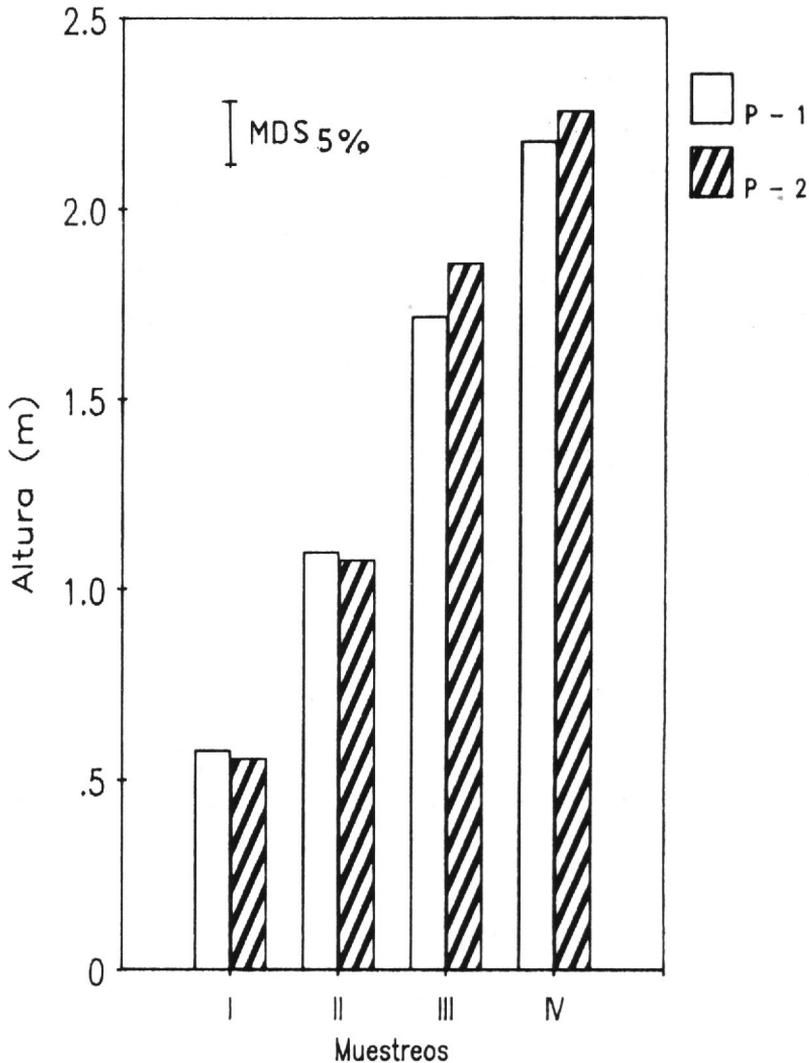


FIG. 1.—*Altura alcanzada por las plantas a lo largo del experimento.*

en savia son también una consecuencia directa del elevado aporte de éstos realizado con el agua de riego. Las concentraciones de Cl^- en savia, en las primeras etapas del ciclo de cultivo, son inferiores en el tratamiento P-2, si bien al final son prácticamente iguales en ambos tratamientos. Por tanto, parece que

el tratamiento de mayor aporte de fósforo ha permitido a las plantas evitar más fácilmente una absorción excesiva de Cl^- en los primeros periodos del ciclo de cultivo.

En cuanto a los contenidos en oligoelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, y B) son prácticamente iguales en ambos tratamientos y periodos con-

siderados. Estos valores parecen adecuados para este cultivo y sólo caben destacar los contenidos de Cu en el tercer muestreo realizado, que son algo elevados debido a un tratamiento plaguicida efectuado poco antes del muestreo.

En las figuras 2 y 3 se muestran los balances aniónico (Σ aniones) y catiónico (Σ cationes) en savia de las plantas de ambos tratamientos. Hasta el III muestreo el tratamiento P-1 ofrece valores más elevados de

ambos balances que el tratamiento P-2. En el último muestreo se detectaron valores prácticamente iguales en ambos. Las diferencias encontradas se deben fundamentalmente, en el caso de los aniones, a las menores concentraciones de Cl^- del tratamiento P-2, contrastando estos datos con los obtenidos por Kafkafi *et al.* (1982), quienes detectaron absorciones menores de cloruro y mayores de nitrato al utilizar concentraciones menores de fosfato en un medio de

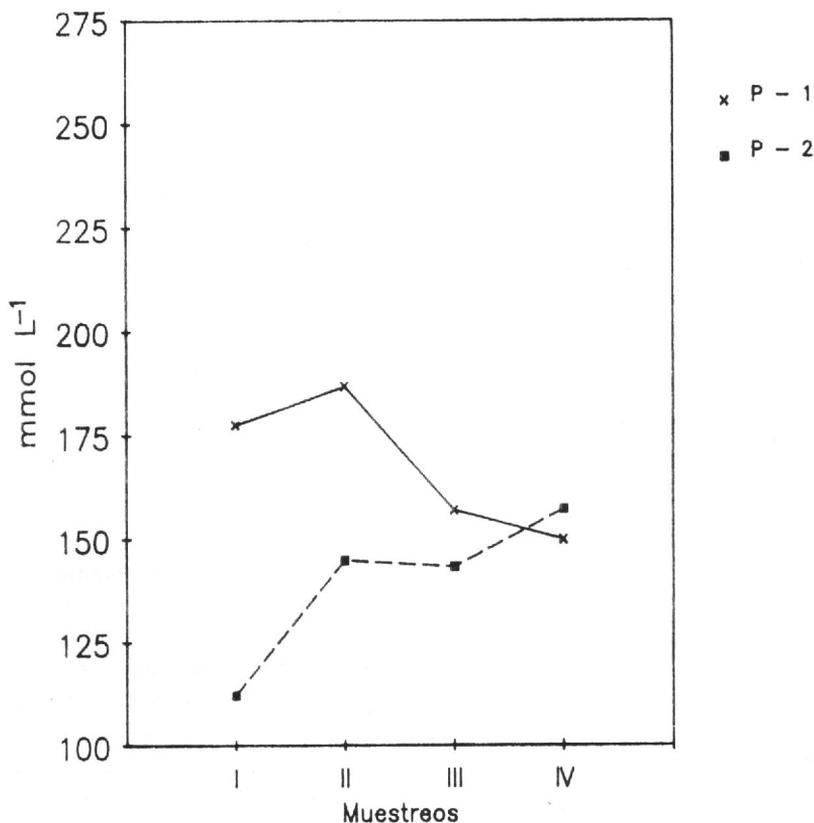


FIG. 2.—Balance aniónico en savia a lo largo del experimento.

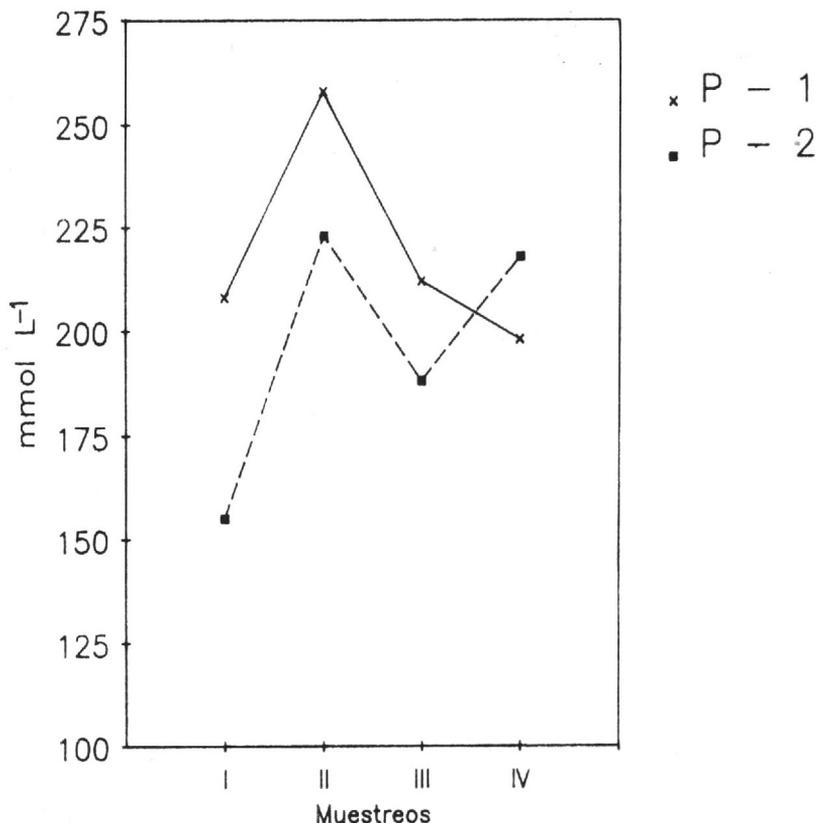


FIG. 3.—Balance catiónico en savia a lo largo del experimento.

nutrición salino. Por lo que respecta al balance catiónico los mayores valores que presenta el tratamiento P-1 son debidos sobre todo a las mayores concentraciones de K^+ en savia determinadas en este tratamiento. Probablemente esto es debido a que este catión ha sido absorbido en mayores cantidades como ión acompañante del Cl^- .

Indices de crecimiento y rendimientos

En la Figura 1 puede observarse

la evolución seguida por la altura de las plantas de ambos tratamientos. Si bien no se han detectado grandes diferencias entre los tratamientos efectuados, el P-2 ofrece una altura media superior.

Los rendimientos obtenidos y los pesos secos de raíz al final del cultivo quedan reflejados en la Tabla 4. El tratamiento P-2 ha dado lugar a un menor desarrollo radicular que el P-1. Es decir, la existencia de una mayor cantidad de fósforo disponible en el sustrato parece conducir a

TABLA 4

Indices de crecimiento de plantas de tomate fertilizadas con dos niveles de P, al final del experimento.

Tratamiento	Peso raíz (g)	RENDIMIENTOS	
		N.º frutos/balsa	Peso frutos (g)
P - 1	12.6	104	9960
P - 2	10.5	89	9605

Valores medios de tres repeticiones.

una menor extensión de las raíces. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Rauschkolb y Rolston (1976), quienes lo atribuyen a que al aplicar más fosfato se satura antes la capacidad fijadora del sustrato y, por tanto, las plantas encuentran una mayor cantidad disponible de este elemento en el entorno radicular inmediato.

No se apreciaron diferencias significativas en los rendimientos obtenidos de ambos tratamientos ni en peso ni en número de frutos. Si bien el número de frutos obtenido con el tratamiento P-1 es ligeramente superior, el peso medio de los mismos es algo mayor para el tratamiento P-2.

Caracterización del sustrato al final del cultivo

En la Tabla 5 se muestran los resultados de las determinaciones analíticas efectuadas sobre el sustrato al final del ciclo de cultivo en las que podemos observar diferencias entre los tratamientos.

Puede observarse un ligero descenso en el pH del sustrato correspondiente al tratamiento P-2 frente al P-1, como consecuencia de la mayor cantidad de ácido fosfórico añadido en el riego. No obstante, las diferencias no son muy acusadas, debido al fuerte efecto tampón del suelo calizo empleado.

TABLA 5

Análisis del sustrato al final del cultivo.

Trat.	pH		P (Olsen) (g Kg ⁻¹)	P _{EU} F (mg Kg ⁻¹)		
	(H ₂ O)	(KCl)		Soluble	Reserva	Total
P - 1	7.4	6.8	1.16	0.35	0.32	0.67
P - 2	7.3	6.6	1.45	0.47	0.42	0.89

Valores medios de tres repeticiones.

Las concentraciones de fósforo en el sustrato son superiores en el tratamiento P-2, independientemente del método utilizado para su extracción. Centrándonos en las fracciones de P extraídas por electroultrafiltración, se detectan mayores contenidos, tanto en la fracción soluble como en la de reserva, en el trata-

miento P-2. Estos resultados están de acuerdo con Wolf *et al.* (1987), quienes afirman que un aumento de la dosis de fósforo en fertirrigación da lugar a incrementos tanto en el disponible para la planta como en la fracción de reserva, debido a los procesos de fijación.

CONCLUSIONES

Aunque la dosis de 3 mmol L^{-1} de $\text{H}_3 \text{PO}_4$ en el riego ofrece mejores resultados en cuanto al estado nutricional de las plantas y disponibilidad de fósforo en el sustrato que la dosis de 1.5 mmol L^{-1} , no hemos obtenido mejoras en los rendimientos. No obstante, el hecho de haber detectado niveles bajos de fósforo en savia al final del cultivo en el tratamiento P-1 nos hace pensar que quizá si el ciclo de cultivo se hubiera prolongado más tiempo (como es usual en invernaderos de producción) podríamos haber observado posterior-

mente esa deficiencia de fósforo también en hoja y, posteriormente, hubiera tenido una consecuencia en cuanto a los rendimientos obtenidos. En cualquier caso, es imprescindible profundizar aún más en el estudio de las dosis de fósforo utilizadas en fertirrigación, ya que quizá la óptima para este cultivo no sea ninguna de las dos utilizadas sino algún valor intermedio, o bien utilizar la más baja al inicio del cultivo y elevarla posteriormente con el fin de evitar esa deficiencia que hemos detectado con la dosis inferior.

BIBLIOGRAFIA

- CADAHIA, C., SARRO, M. J., PEÑALOSA, J. M., CARPENA, R. O. y ZORNOZA, P., 1986. Efecto de distintas concentraciones de nitrato sobre el crecimiento y la composición química de plantas de tomate cultivadas en hidroponía. *An. Edafol. Agrobiol.*, 45: 1033-1048.
- CADAHIA, C., SAA, A., MASAGUER, A. y SARRO, M. J., 1990. Fertilización fósforica del cultivo de tomate en enarenado con riego localizado. *Actas de Horticultura*, 2: 250-255.
- CERDA, A., BINGHAM, F. T. and LABANAUSKAS, C. K., 1979. Blossom end rot of tomato fruit as influenced by osmotic potential and phosphorus concentrations of nutrient solution media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104: 236-239.

- GOLDBERG, S. and SPOSITO, G., 1984. A chemical model of phosphate adsorption by soil. I: Reference oxide mineral. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 772-778.
- GARATE, A., DEL BARRIO, A. I. y PEÑALOSA, J. M., 1989. Influence of calcium supply on blossom end rot incidence in tomato plants. *Agrochimica* (en prensa).
- GRUPO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS, 1982. Revisión bibliográfica de métodos usados en la extracción de P asimilable. *An. Edafol. Agrobiol.*, 41: 1085-1112.
- KAFKAFI, K., VALORAS, N. and LETEY, J., 1982. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato. *J. Plant Nutr.*, 5: 1369-1385.
- KAFKAFI, K., 1984. Plant nutrition under saline conditions. In: *Soil Salinity under irrigation*. I. Shainberg y J. Shalhevet (eds). *Ecological studies*, 51: 319-337.
- LEON, A., LOPEZ-ANDREU, F. J., ROMOJARO, F. y ALCARAZ, C., 1974. Consideraciones experimentales sobre el análisis de B en plantas. *An. Edafol. Agrobiol.*, 33: 849-861.
- LEON, A., GARCIA, F., SOLER, J., DEL AMOR, F., BARBA, E., RUIZ SANCHEZ, M. C. y SANCHEZ BLANCO, M. J., 1987. Estudio de la dinámica del N (NO_3^-), P y K en suelos regados por goteo. *Actas I Simposio Nacional sobre Fertilización en Riego Localizado*, 1: 21-28. Almería.
- NEMETH, K., 1985. Recent advances in EUF research (1980-83). *Plant and Soil*, 83: 1-19.
- RAUSCHKOLB, R. S. and ROLSTON, R. E., 1976. Phosphorus fertilization with drip irrigation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 40: 68-72.
- RHUE, R. E. and EVERETT, P. H., 1987. Response of tomatoes to lime and phosphorus on a sandy soil. *Agron. J.*, 79: 71-77.
- SARRO, M. J., CADAHIA, C. y CARPENA, O., 1985. Balance iónico en savia como índice de nutrición del tomate. Nueva metodología analítica aplicable "in situ". *An. Edafol. Agrobiol.*, 44: 794-812.
- SARRO, M. J., CADAHIA, C., PEREZ, J. L. y MASAGUER, A., 1988. Respuesta del cultivo de tomate a la acumulación salina sobre sustrato enarenado con fertirrigación. *Actas II Simposio Nacional sobre Nutrición Mineral de las Plantas*: 495-504. Granada.
- SARRO, M. J., SAA, A., CADAHIA, C. y MASAGUER, A., 1989. Respuesta del cultivo de tomate en enarenado y condiciones salinas a diferentes programas de fertilización fosfórica. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48: 681-691.
- WOLF, J., WITT, C. T. JANSSEN, B. H. and LATHWELL, D. J., 1987. Modelling long-term crop response to fertilizer phosphorus. I: The model. *Agron. J.*, 79: 445-451.

Recibido: 21-9-90.
Aceptado: 31-1-91.