

EFFECTO DE TRATAMIENTOS FOLIARES CON Ti (IV) SOBRE NUTRICION, PRODUCCION Y CALIDAD DE FRUTO EN PLANTAS DE *Capsicum annuum*, L.

F. Martínez-Sánchez*, J. L. Giménez**, M. Carvajal**,
A. Moreno**, J. L. Fuentes** y C. F. Alcaraz**

* *Universidad Politécnica de Valencia. EUITA - Orihuela.*

** *CSIC - CEBAS, Aptdo. 4195. 30080 Murcia*

RESUMEN

Se realizaron tratamientos por vía foliar en plantas de *Capsicum annuum*, L., cv. AMLER - B51 - E81, cultivadas en condiciones de campo y bajo sistemas de riego localizado y tradicional (por surcos). Los tratamientos se aplicaron después del cuaje del fruto, usando un complejo de ascorbato de Ti (IV) –TITAVIT®– a concentración de 2 mg Ti L⁻¹ y pH 6 (70 ml planta⁻¹). Tras los tratamientos, las plantas mostraron una mejora en su situación nutricional, siendo más acentuado este efecto para hierro, cinc y fósforo. En el experimento bajo sistema de riego localizado, los tratamientos con titanio incrementaron la producción en más de un 25%, mientras que iguales tratamientos en cultivo tradicional presentaron aumentos productivos superiores al 40%. El aporte de titanio indujo un aumento en la concentración foliar del elemento, pero no se incrementó su nivel en el fruto que, por otra parte, vió favorecido notablemente su contenido en capsanteno aunque incrementó los valores de la relación entre pesos Fresco/Seco.

Palabras clave: Pimiento. Titanio. Nutrición mineral. Capsanteno. Calidad de fruto.

SUMMARY

EFFECT OF Ti (IV) - LEAF - SPRAY TREATMENTS ON NUTRITION, YIELD AND FRUIT QUALITY OF *Capsicum annuum*, L. PLANTS

Leaf spray treatments were carried out on *Capsicum annuum*, L., cv. AMLER - B51 - E81 plants, growing under field conditions with both drip and flood irrigation systems. Treatments were performed just after fruit setting using Ti (IV) - ascorbate complex (TITAVIT®) at 2 mg Ti L⁻¹ concentration and pH 6 (70 ml plant⁻¹). After Ti - spray treatments, plants showed an improvement in their mineral composition and this effect was more marked for iron, zinc and phosphorus. In the experiment under the drip irrigation system, Ti - treatments enhanced the yield up to 25%, but the same Ti - treatments in crops under flood irrigation increased the yield more than 40%. Ti support enhanced the leaf - Ti concentration but does not increase the fruit - Ti levels. On the other hand, fruits from Ti - treated plants showed an increase of capsanthene content as well as for the fresh/dry weight ratio.

Key words: Red pepper. Titanium. Plant nutrition. Capsanthene. Fruit quality.

Este trabajo ha sido subvencionado por la Consejería de Agricultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en el Proyecto *Optimización del cultivo del pimiento para pimentón*.

INTRODUCCION

La clasificación de los elementos minerales en esenciales y no esenciales, basada en los criterios de Arnon y Stout (1939), no es hoy tan rígida (Epstein, 1972; Hewitt, 1979) y algunos nutrientes se clasifican en parcialmente esenciales o beneficiosos, según sean esenciales para algún tipo de plantas o que sean capaces de intensificar algún proceso biológico, como es el caso, por ejemplo, del selenio, con una ruta específica de metabolización en algunas variedades del género *Astragalus* (Cowgill, 1990), con función específica para una metil-seleno-cisteína, que no se ha podido detectar en ninguna otra especie vegetal.

Otro caso similar, pero con efectos sobre una mayor gama de especies vegetales, lo constituye el titanio, cuyos efectos beneficiosos sobre germinación (Martínez-Sánchez *et al.*, 1990 a), rendimiento en la producción de biomasa y cosecha (Giménez *et al.*, 1990; Kiekens y Camerlynck, 1987), síntesis proteica, actividad fotosintética y calidad de fruto (País, 1983; Biacs *et al.*, 1987; Daoud *et al.*, 1987) han sido comunicados con insistencia durante la última década. Pero también es cierto que las plantas tratadas con este metal de transición presentan generalmente un incremento en las concentraciones foliares de otros bioelementos, como calcio, magnesio, hierro y manganeso (Feher *et al.*, 1987; Giménez *et al.*, 1990) y estos nutrientes, en especial los oligoelementos, tienen una participación decisiva, tanto en los procesos de actividad fotosintética con regulación enzimática, como sobre la síntesis

de pigmentos definidores de la calidad del fruto (Biacs *et al.*, 1987 a; Martínez-Sánchez *et al.*, 1990), por lo que subsiste la duda de que tales efectos favorecedores del titanio sean debidos al propio metal de transición, en una ruta metabólica actualmente desconocida, o que sean motivados por un efecto sinérgico en la asimilación de otros oligoelementos, en especial de hierro y manganeso.

Por otra parte, los elementos metálicos calificados como no esenciales se consideran, generalmente, como componentes problemáticos desde un punto de vista sanitario, debido a que su acumulación puede producir toxicidad en plantas o animales y porque los niveles inocuos y peligrosos están muy próximos. No obstante, algunos de estos elementos ofrecen respuestas favorables en determinados aspectos de diferentes cultivos (Reiche y Bard, 1979; Henderson-Sellers y Schwartz, 1980; Vonach y Getoff, 1981; Barceló *et al.*, 1989; Bonet *et al.*, 1989; Giménez *et al.*, 1989; Gunse *et al.*, 1989; Martínez-Sánchez *et al.*, 1989; Massot *et al.*, 1989; Vázquez *et al.*, 1989).

Estas razones justifican el interés en la investigación sobre los efectos de estos elementos sobre los cultivos, que permita establecer las bases para determinar los límites en los que actúan con efectos favorables y su distribución en las plantas, contribuyendo así a la adopción de criterios para regular sus aplicaciones. A este fin se orienta el presente trabajo, en el que se ofrece el resultado de tratamientos foliares con ascor-

bato de Ti (IV) sobre la producción para pimentón (*Capsicum annuum*, L.) y la calidad de plantas de pimiento L.).

MATERIAL Y METODOS

Plantas de *Capsicum annuum*, L., cv. AMLER-B51-E81 fueron cultivadas en la finca experimental "Tres Caminos", del CSIC (Santomera, Murcia), en condiciones de campo, utilizando sistema de riego localizado y cultivo tradicional con riego por surcos. Mediante un diseño de bloques al azar, se establecieron cuatro tratamientos, dos para cada uno de los dos sistemas de riego, con tres repeticiones por tratamiento. Todas las parcelas experimentales recibieron idénticas dosificaciones de agua, nutrientes y tratamientos fitosanitarios, diferenciándose únicamente en el aporte foliar de titanio. Una de las parcelas de cada sistema de cultivo, con sus tres repeticiones, quedó como testigo sin tratar y, del mismo modo, la otra recibió, finalizada la floración principal (17 de Julio), un aporte de 70 ml por planta de una disolución de 2 mg L⁻¹ de Ti por vía foliar (TITAVIT[®], complejo de ascorbato de Ti (IV), 1 g Ti L⁻¹).

Cada parcela individual contenía 216 plantas, manteniendo idéntica densidad de plantación. En las fechas

20 de Junio, 11 y 27 de Julio, 22 de Agosto, 27 de Septiembre y 9 de Octubre se procedió a muestrear 2 plantas completas de cada tratamiento y repetición. En el laboratorio se procedió a separar hojas y frutos de cada lote de dos plantas, que constituyeron muestras individuales.

Las muestras se lavaron, se secaron en estufa con corriente de aire a 45 °C, se redujeron a polvo fino (tamiz 0.8 mm) y se prepararon para las correspondientes determinaciones analíticas.

N se determinó por el método semimicro Kjeldahl, P por espectrofotometría del complejo fosfomolibdovanadato amónico, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn por espectrometría de absorción atómica así como Ti, empleando, en este caso, cámara de grafito como describen Antón *et al.* (1990). El color rojo de las muestras de fruto se determinó por una modificación del método de Benedek (1958), como detallan Martínez-Sánchez *et al.* (1991), expresando los datos en capsanteno.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las figuras 1 y 2 se presentan las evoluciones de la composición mineral de hojas de las plantas testigo y las tratadas con titanio por vía foliar. Todos los elementos, menos el sodio, ofrecen una eleva-

ción de su concentración, como resultado del aporte del elemento. No obstante, conviene destacar que el nivel de respuesta no es el mismo para todos los bioelementos. Nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio

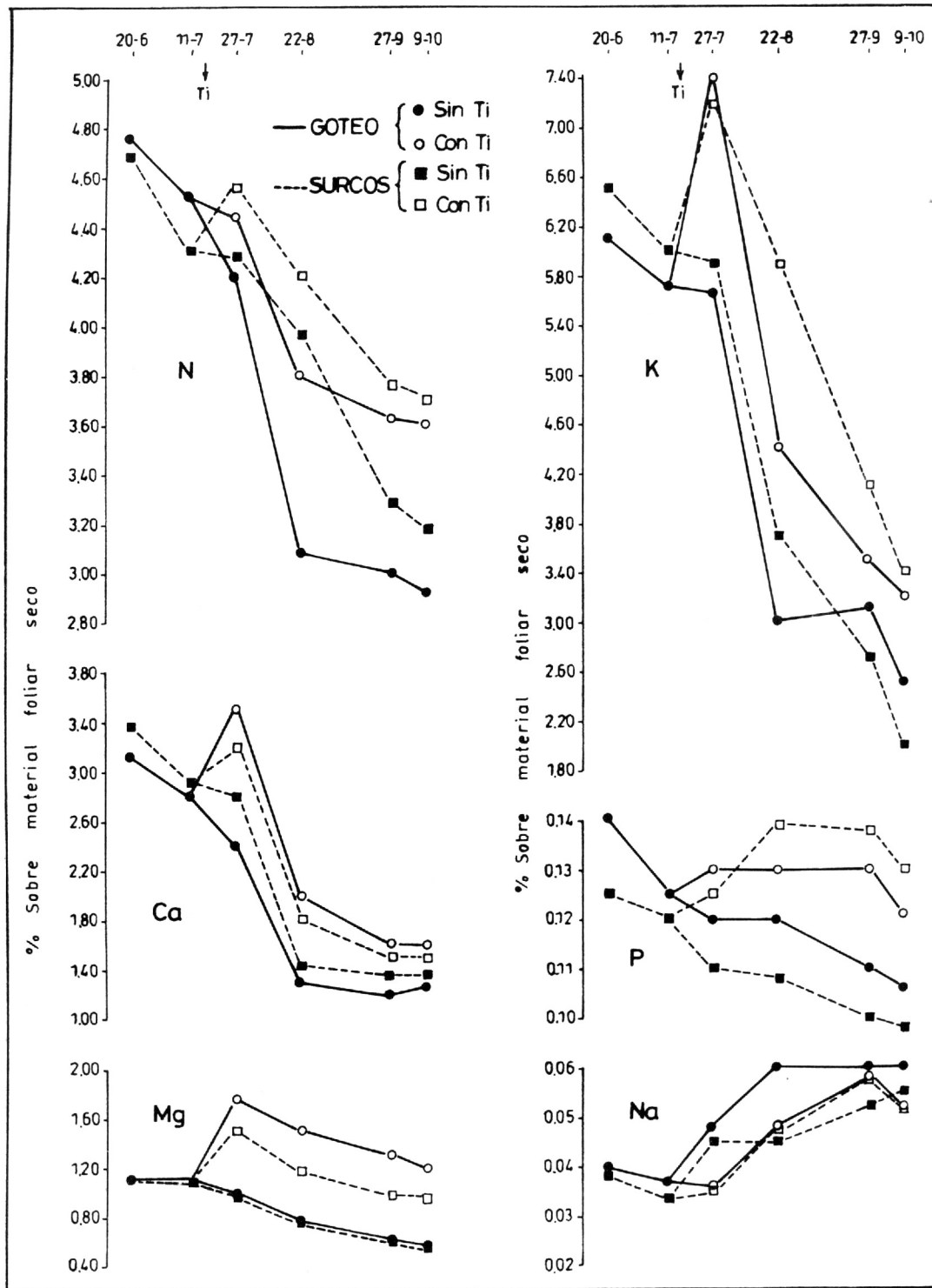


FIG. 1.—Efecto del tratamiento foliar con 2 mg Ti L^{-1} (TITAVIT[®], complejo de ascorbato de Ti (IV), 1 g Ti L^{-1}) sobre la evolución de las concentraciones foliares de macronutrientes en plantas de *Capsicum annum*, L., cv. AMLER-B51-E81, cultivadas en condiciones de campo con sistemas de riego localizado y tradicional (por surcos). La flecha indica el momento del aporte foliar del elemento.

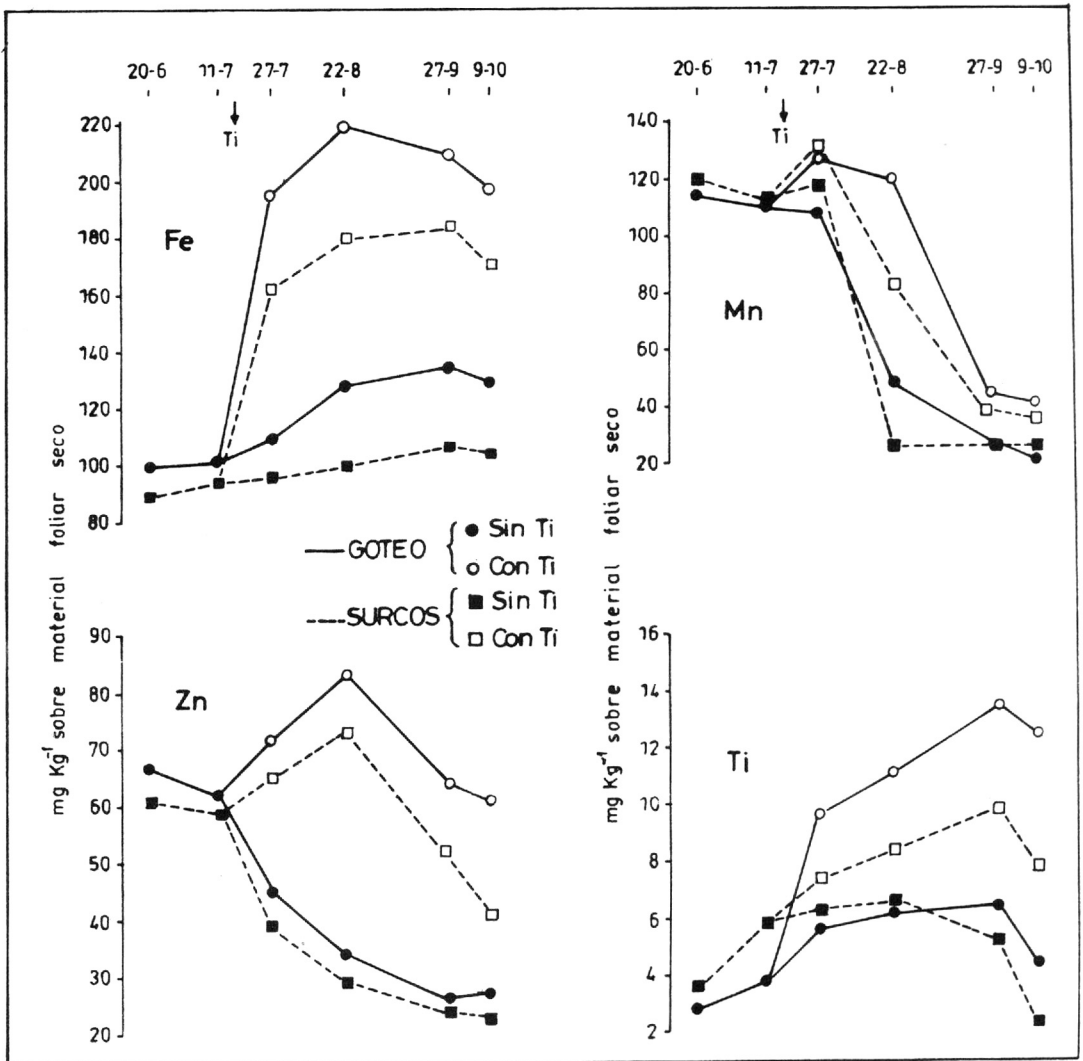


FIG. 2.—Efecto del tratamiento foliar con 2 mg Ti L^{-1} (TITAVIT[®], complejo de arcobato de Ti (IV) 1 g Ti L^{-1}) sobre la evolución de algunos micronutrientes en plantas de *Capsicum annum*, L., cv. AMLER-B51-E81, cultivadas en condiciones de campo con sistemas de riego localizado y tradicional (por surcos). La flecha indica el momento del aporte foliar del elemento.

son los más afectados de entre los macronutrientes y titanio, hierro y cinc entre los elementos traza.

Por otra parte, las condiciones de cultivo también presentan una

incidencia notable, tanto sobre la composición mineral foliar, como sobre los efectos del aporte de titanio, como podemos deducir de las evoluciones en las correspondientes

plantas de referencia sin tratamiento. Nitrógeno, potasio, calcio y titanio presentan generalmente mayores niveles para el experimento bajo sistema tradicional, con riego por surcos. Fósforo, sodio, hierro y cinc lo manifiestan así en el sistema de riego localizado con fertilización incorporada, mientras que magnesio y manganeso no parecen afectarse por esta causa.

Tras el tratamiento con titanio, los elementos nitrógeno, potasio, hierro y cinc mantienen las posiciones relativas que presentaban sus correspondientes testigos sin tratar, mientras que para fósforo, calcio y titanio se invierte este efecto.

En general, de estos resultados puede deducirse que el aporte de titanio induce una notable mejora en el estado nutricional de la planta, lo que concuerda con los resultados expuestos por Feher *et al.* (1987) en estudios sobre tomate, favoreciendo la eficiencia en la absorción de los

bioelementos esenciales y probablemente sea esta la causa primordial de los incrementos de actividad fisiológica que se han comunicado (Pais, 1983; Biacs *et al.*, 1987; Daood *et al.*, 1987; Martínez-Sánchez *et al.*, 1991). Es decir, el titanio, con independencia de que posea o no una ruta metabólica propia que induzca la actividad vegetativa, presenta un efecto sinérgico sobre los otros nutrientes que favorece el acercamiento del vegetal a su óptimo estado nutricional, contribuyendo así a una mayor expresión de su capacidad genética y, por tanto, a la mejora en producción y calidad.

De acuerdo con los datos de la Tabla 1, el aporte de titanio induce un incremento de su concentración foliar sin que se produzca aumento de sus niveles en fruto. Tal vez la cantidad total transportada al fruto en las plantas tratadas pueda ser superior que en las no tratadas, pero que los mayores rendimientos

TABLA 1

Evolución de la concentración de titanio en fruto de plantas de Capsicum annum, L., cv. AMLER-B51-E81, afectadas por el aporte foliar de 2 mg Ti L⁻¹. Los datos son media de nueve muestras (tres repeticiones de cada replicación de tratamiento) y están expresados en mg kg⁻¹ sobre materia vegetal seca.

Muestreo	RIEGO LOCALIZADO		RIEGO POR SURCOS	
	Referencia	(-Ti) + Ti	Referencia	(-Ti) + Ti
	Media ± s	Media ± s	Media ± s	Media ± s
20 - VI	1.20 ± 0.11		1.30 ± 0.13	
11 - VII	1.20 ± 0.13		1.34 ± 0.11	
27 - VII	1.40 ± 0.12	1.50 ± 0.13	1.45 ± 0.12	1.58 ± 0.14
22 - VIII	1.45 ± 0.12	1.42 ± 0.14	1.50 ± 0.13	1.55 ± 0.16
27 - IX	1.50 ± 0.13	1.44 ± 0.13	1.60 ± 0.14	1.55 ± 0.15
9 - X	1.54 ± 0.14	1.63 ± 0.15	1.67 ± 0.15	1.60 ± 0.14

TABLA 2

Influencia del tratamiento foliar con ascorbato de titanio (2 mg Ti L^{-1}) sobre algunos indicadores de calidad de fruto de pimiento para pimentón (capsicum annum, L., cv. AMLER-B51-E81). Los datos son media de nueve muestras (tres repeticiones de cada replicación de tratamiento).

Forma de cultivo	Tratamiento	Relación entre pesos Fresco/Seco	Color (capsanteno mg g^{-1} de peso seco)
Tradicional. (riego surcos)	Refer.	$5.5 \pm 0.4a$	$3.18 \pm 0.27a$
	+ Ti	$6.0 \pm 0.5b$	$4.02 \pm 0.32b$
Fertigación. (riego localizado).	Refer.	$5.9 \pm 0.6ab$	$2.94 \pm 0.26a$
	+ Ti	$7.6 \pm 0.7c$	$3.96 \pm 0.31b$

Para cada columna, valores medios con igual letra en subíndice no son significativamente diferentes por LSD a P: 0.05.

obtenidos originen un efecto de dilución, aspecto que no ha podido determinarse en esta experimentación. No obstante, es indudable que la concentración en el fruto es el índice más importante en cuanto al efecto que pudiera tener la aplicación de titanio sobre la salud cuando sean ingeridos estos frutos.

Por una parte, como puede deducirse de la ausencia de significación estadística entre las muestras tratadas y los correspondientes testigos, no existe transporte adicional del elemento al fruto. Únicamente en las muestras tomadas inmediatamente después del tratamiento aparecen los frutos de las plantas tratadas con niveles ligeramente superiores a los de las no tratadas. Pero cuando continúa el proceso de desarrollo del fruto y en el posterior de maduración, desaparece esta circunstancia y, en algunos casos, incluso los frutos de las plantas testigo presentan concentraciones del elemento superiores.

Por otro lado, esta ausencia de transporte posterior al fruto apunta a que pueda existir, efectivamente, una ruta de metabolización particular, que se desarrolla en el tejido foliar y que facilita la síntesis de determinados compuestos, como pigmentos fotosintéticos y ácido ascórbico (Gimenez *et al.*, 1990; Martínez-Sánchez *et al.*, 1990 y 1991), con el consiguiente beneficio sobre la calidad del fruto. Además, esta ausencia de acumulación del elemento en el fruto presenta un alto interés, pues minimiza los posibles efectos perjudiciales para la salud cuando, como en este caso, sea el fruto la parte vegetal destinada a la nutrición humana.

En la Tabla 2 se expresa la incidencia de los tratamientos foliares con titanio sobre dos de los parámetros de calidad de mayor interés en el fruto de pimiento para pimentón. A la relación entre pesos Fresco/Se-

co, importante para su industrialización, se le reconoce un valor óptimo cercano a 5. Sin embargo, el tratamiento con titanio foliar induce un notable incremento de este índice, más acentuado en el caso de riego localizado, que supone un factor desfavorable para su procesado industrial y que puede estar influido por una mayor eficacia de la planta en la absorción hídrica, paralela a la observada antes en la asimilación

de algunos elementos nutricionales. No obstante, esta merma de rendimiento industrial está ampliamente compensada con el fuerte incremento en el nivel de capsanteno (30%), principal responsable de la coloración roja del fruto, así como en los importantes aumentos productivos obtenidos, superiores al 25% y 40% en los experimentos bajo condiciones de fertigación y cultivo tradicional respectivamente (Tabla 3).

TABLA 3

Influencia del tratamiento foliar con titanio (2 mg Ti L⁻¹) sobre la producción de pimiento para pimentón (Capsicum annum, L., cv. AMLER-B51-E81). Valores expresados en g planta⁻¹)

	RIEGO LOCALIZADO		Incre- mento	RIEGO POR SURCOS		Incre- mento
	Refer.	+ Ti		Refer.	+ Ti	
1. ^a Recolección. . .	320	410	28 %	255	350	37 %
2. ^a Recolección. . .	170	210	24 %	125	190	52 %
Cosecha total . . .	490	620	27 %	380	540	42 %

Si consideramos que la comercialización del pimentón y de su oleoresina, como productos obtenidos industrialmente de los frutos, depende decisivamente de su graduación de color rojo, los efectos obtenidos sobre cosecha y capsanteno ofrecen un carácter casi multiplicativo en la rentabilidad del cultivo. Además, es interesante destacar que, aún cuando los porcentajes de aumento de ambas recolecciones son parecidos, en valor absoluto son considerablemente mayores para la pri-

mera de ellas, con incrementos que, en el cultivo tradicional, casi igualan la cifra de la segunda recolección de las plantas testigo, lo que es un dato de la mayor importancia económica, dada la carestía de la mano de obra para la recogida de la cosecha, al tiempo que confirma otro de los efectos favorecedores del tratamiento con titanio, ya observado por Daood *et al.* (1987) en tomate, como es el de inducir la precocidad en la maduración.

CONCLUSIONES

Los tratamientos foliares con titanio (2 mg Ti L^{-1}) inducen una notable mejora en la situación nutricional de las plantas de *Capsicum annuum*, L.

El aporte de titanio provoca el incremento de su concentración foliar, pero no existe transporte adicional del elemento al fruto o, si lo hay, no se refleja en su concentración en este órgano.

El titanio favorece el contenido de capsanteno en los frutos e incrementa el valor de la relación entre sus pesos fresco y seco.

Los tratamientos ejercen una acción positiva sobre la cantidad de cosecha, al tiempo que se observa un cierto efecto inductor sobre la precocidad de la maduración del fruto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a J. J. Albarracín, S. A., por proporcionar las semillas ensayadas, obtenidas por J. C. Costa (CRIA, Murcia) y a Mrs. Barfait (CHEMOLIMPEX, Budapest) por el suministro gratuito de TITAVIT[®] empleado en los experimentos.

BIBLIOGRAFIA

- ANTON, E., JARA, J. R., MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L. and ALCARAZ, C. F., 1990. Titanium in plant nutrition. I. A rapid method for titanium determination in plant tissues and soils. In: Nutrición mineral bajo condiciones de estrés. (III Simp. Nac. Nutr. Mineral de las Plantas). Servei de Publicacions i Intercanvi Científic de la U. I. B. Palma de Mallorca, 109-113.
- ARNON, D. I. and STOUT, P. R., 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiol.*, 14: 371-375.
- BARCELO, J., POSCHENRIEDER, Ch., GUNSE, B. y VAZQUEZ, M. D., 1988. Relación entre parámetros hídricos y disminución del crecimiento inducido por cadmio. En: Proc. VIII Reunión SEFV y I Congr. Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. Universidad de Barcelona, 249.
- BIACS, P. A., DAOOD, H. G., PAVISA, C. A. and HAJDU, F. G., 1987. Studies on the carotenoids of paprika (*Capsicum annuum*, L., var. Sz-20). In: Scientific International Technical-Development Symp. on Hungarian Paprika (Red Pepper). Hungarian Academy of Sciences. Kalocsa-Szeged, 249-264.
- BIACS, P. A., DAOOD, H. G., CZINKOTAI, B., HAJDU, F. and KISS-KUTZ, N., 1987. Effect of Titavit treatment on the dynamics of tomato fruit ripeness. *Acta Horticulturae*, 220: 433-438.
- BONET, A., BARCELO, J. y POSCHENRIEDER, Ch., 1980. Efectos de bajas concentraciones de cromo (III) en plantas deficientes en hierro. En: Proc. VIII Reunión SEFV y I Congr. Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. Universidad de Barcelona, 253.
- COWGILL, U. M., 1990. The selenium cycle in three species of *Astragalus*. *J. Plant Nutr.*, 13: 1039-1318.
- DAOOD, H. G., BIACS, P. A., FEHER, M., HOSCHKE, A., HAJDU, F. and PAIS, I., 1987. Effect of titanium treatment on the development and stability of pigments in

- tomato fruit. In: *New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of the Trace Element Research.* (I. Pais, Ed.). University of Horticulture and Food Industry. Budapest, 69-100.
- EPSTEIN, E., 1972. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.* John Wiley and Sons, Inc. New York.
- FEHER, M., PAPP, K., FODOR, P. and PAIS, I., 1987. The effect of titanium treatment on the development and stability of pigments in tomato fruit. In: *New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of Trace Element Research.* (I. Pais, Ed.). University of Hort. Food Industry. Budapest, 69-100.
- GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J. L. y ALCARAZ, C. F., 1989. Efectos de hierro y titanio sobre germinación, nascencia y desarrollo vegetativo en plantas de *Capsicum annuum*, L. En: *Proc. VIII Reunión SEFV y I Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal.* Universidad de Barcelona, 158.
- GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J. L. and ALCARAZ, C. F., 1990. Titanium in plant nutrition. III. Effect of Ti (IV) on yield of *Capsicum annuum*, L. In: *Nutrición mineral bajo condiciones de estrés.* (III Simp. Nac. Nutrición Mineral de las Plantas). Serv. Publ. Int. Cient. UIB. Palma de Mallorca, 123-128.
- GUNSE, B., POSCHENRIEDER, Ch. y BARCELO, J., 1989. Efectos fitotóxicos de fangos de tenería ricos en Cr (III). En: *Proc. VIII R. SEFV y I Congr. Hispano-Luso Fis. Veg.* Universidad de Barcelona, 156.
- HENDERSON-SELLERS, A. and SCHWARTZ, A. W., 1980. Chemical evolution and ammonia in the early Earth's atmosphere. *Nature*, 287: 526-528.
- HEWITT, E. J., 1979. Essential and functional aspects of trace elements. In: *Chemistry and Agriculture.* Chem. Soc., London.
- KIEKENS, L. and CAMERLYNCK, R., 1987. Influence of Titavit on growth of maize and cowpea grown in nutrient solution. In: *New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of Trace Element Research.* (I. Pais, Ed.). Univ. of Horticulture and Food Industry. Budapest, 101-112.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., GIMENEZ, J. L., FUENTES, J. L. y ALCARAZ, C. F., 1989. Titanio en germinación, nascencia y desarrollo vegetativo de plantas de *Cucumis melo*, L. En: *Proc. VIII R. SEFV y I Congr. Hispano-Luso Fis. Veg.* Universidad de Barcelona, 157.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-CAÑADAS, M. A., PASTOR, J. and ALCARAZ, C. F., 1990. Micronutrient composition in several portions of capsicum plants and their relation to red fruit colour. *Acta Alimentaria*, 19: 177-185.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., FRUTOS, M. J., CARVAJAL, M. and ALCARAZ, C. F., 1990 a. Titanium in plant nutrition. II. Effect of Ti (IV) on germination and initial plant development of *Capsicum annuum*, L. In: *Nutrición mineral bajo condiciones de estrés.* (III Simp. Nac. Nutr. Min. Plantas). Serv. Publ. Int. Cient. UIB. Palma de Mallorca, 115-121.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., NUÑEZ, M., AMOROS, A., GIMENEZ, J. L. and ALCARAZ, C. F., 1991 a. Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annuum*, L. fruits. *J. Plant Nutr.* (In press).
- MASSOT, N., POSCHENRIEDER, Ch. y BARCELO, J., 1989. Análisis del crecimiento de plantas de *Phaseolus vulgaris* sometidas a stres por aluminio. En: *Proc. VIII R. SEFV y I Congr. Hispano-Luso Fisiología Vegetal.* Universidad de Barcelona, 254.
- PAIS, I., 1983. The biological importance of titanium. *J. Plant Nutr.*, 6: 3-131.
- REICHE, H. and BARD, A. J., 1979. Heterogeneous photosynthetic production of amino

- acids from methane-ammonia-water at platinum/titanium dioxyde. Implications in chemical evolution. J. Am. Chem. Soc., 101: 3127-3128.
- VAZQUEZ, M. D., POSCHENRIEDER, Ch. y BARCELO, J., 1989. Ultraestructura de pulvínulos de judía afectados por cadmio. En: Proc. VIII R. SEFV y I Congr. Hispano-Luso Fis. Veg. Universidad de Barcelona, 250.
- VONACH, W. and GETOFF, N., 1981. Photocatalytic splitting of liquid water by n-titanium dioxide suspension. Z. Naturforsch., 36 A, 876-879.

Recibido: 8-3-91.
Aceptado: 16-9-91.